



**Sofia Trigó Rodrigues Martins**

Licenciada em Engenharia Informática

## **BioVisualSpeech: uma plataforma com jogos sérios de apoio à terapia da fala que permite parametrização dos treinos**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Informática**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Doutora Sofia Carmen Faria Maia Cavavo, Prof<sup>a</sup>.  
Auxiliar, Universidade Nova de Lisboa

Júri

Presidente: Doutor Bernardo Parente Coutinho Fernandes Toninho  
Vogais: Doutor Rui Neves Madeira  
Doutora Sofia Carmen Faria Maia Cavaco



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Março, 2021**



## **BioVisualSpeech: uma plataforma com jogos sérios de apoio à terapia da fala que permite parametrização dos treinos**

Copyright © Sofia Trigó Rodrigues Martins, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia no âmbito dos projetos *BioVisualSpeech* (CMUP-ERI / TIC / 0033/2014) e da *NOVA-LINCS* (PEest / UID / CEC / 04516/2019). Gostaria de agradecer à professora doutora Sofia Cavaco, não só pela orientação como também pelo apoio oferecidos durante a realização desta dissertação, que foram essenciais para a realização e conclusão da mesma. De igual forma agradeço a oportunidade de trabalhar neste projeto, no qual gostei imenso de participar e que abrange áreas distintas pelas quais tenho interesse, assim como pela possibilidade de realizar uma bolsa no projeto no qual esta dissertação está inserida.

Gostaria também de agradecer a todos os que me ajudaram na realização desta dissertação, tanto ao nível de superação de dificuldades/dúvidas, na parte gráfica da mesma como às terapeutas que participaram nos testes de validação da aplicação e que me auxiliaram na construção ideológica da solução encontrada e exposta nesta dissertação. Agradeço ainda à minha família e amigos mais próximos pela sua motivação e apoio emocional. Em especial à minha mãe e ao Marco por se terem esforçado para me darem a oportunidade de tirar este curso, apoiando-me sempre durante o percurso e por me terem permitido tirar o curso que queria, onde queria, mesmo que inicialmente não estivessem muito de acordo com a minha decisão.



## RESUMO

---

A fala permite a transmissão de diversos tipos de informação importantes, sendo o meio de comunicação mais utilizado e, por isso, um elemento essencial para a integração na comunidade constituindo, deste modo, um dos aspetos mais importantes na nossa vida. Infelizmente, os desvios da fala são um problema comum entre muitas crianças e, se não forem tratados, podem vir a causar um impacto direto não só na vida social da criança como também na sua vida académica. Assim sendo, a terapia da fala tem um papel muito importante uma vez que é através dela que as crianças podem superar os referidos desvios.

A terapia da fala é uma área da saúde que tem vindo a crescer significativamente nos últimos anos. Sendo uma terapia relativamente recente [3], os recursos que apoiam esta terapia são escassos tendo de ser, muitas vezes, adaptados e criados pelos terapeutas. Para além disso, os materiais disponíveis para as sessões de terapia da fala são muito limitados e monótonos sendo, deste modo, difícil manter as crianças motivadas para a execução dos exercícios.

Uma forma de motivar as crianças é através de jogos eletrónicos, tecnologias com que, hoje em dia, elas já se encontram bastante familiarizadas. Por conseguinte, propõe-se uma plataforma de software, através de técnicas de gamificação da terapia, que compreendam um sistema de recompensas, dificuldades adaptadas consoante as necessidades de cada criança, análise de som e ainda a possível parametrização por parte dos terapeutas. Esta plataforma de software inclui dois jogos distintos, permitindo, contudo, a posterior adição de outros jogos.

Ambos os jogos utilizam um sistema automático de reconhecimento de fala de modo a classificar as produções de fala das crianças. São ambos dependentes do que a criança diz e oferecem feedback visual imediato sobre o mesmo. Têm ainda algumas pistas para auxiliar as crianças, caso as mesmas apresentem alguma dificuldade, e um sistema de recompensas de modo a manter a sua motivação. Um dos jogos contém ainda diversos níveis e um sistema de dificuldade automático. Estes jogos pretendem assim, auxiliar as crianças na superação das suas dificuldades com um determinado género de sons, podendo ser utilizados tanto em sessões de terapia, como em casa para as crianças treinarem. O(a) terapeuta terá a facilidade em seguir a criança de modo a possibilitar uma articulação das

---

sessões de terapia mediante as facilidades/dificuldades apresentadas pelas crianças.

**Palavras-chave:** Sistema Orientado à Terapia da Fala, Análise de Som, Terapia da Fala, Níveis de Dificuldade, Parametrização, Recompensas, Dificuldade Adaptativa, Ambiente Interativo, Desvios de Articulação

---



## ABSTRACT

---

Speech allows for the transfer of multiple types of important information, being the means of communication most widely used, and, because of that, as essential element for integration in the community, and, in that way, one of the most important aspect of our lives. Unfortunately, speech disorders are a common problem amongst children, and, if not treated, they can cause a direct impact not only in the child's social life, but also on his or hers academic life. So being, speech therapy has a very important role, because it's thought it that children can overcome those disorders.

Speech therapy is an area of healthcare that has been experiencing significant growth over the last years. Being a recent therapy, its support resources are scarce, being, many times adapted and created by the therapists. Beyond that, the available materials for speech therapy sessions are very limited and monotonous, which makes keeping the children focused on executing the exercises a hard task.

One way of motivating the children is through electronic games, technologies which, in our day and age, they are pretty familiarised. So, here is proposed a software platform, through gamification techniques of therapy, that comprise a system of rewards, adapted difficulty levels to the necessities of each child, sound analysis and the possible parametrization by part of the therapists. This software platform will be composed by two different games, but allows the later addition of others.

Both games use an automatic speech recognizing system to gauge the children's speech productions. They are both dependant on that the child says and offer an immediate visual feedback on it. Also, they provide some clues to help the children, should they experience any difficulties, and a system of rewards to keep motivating them. One of the games also contains several levels and an automatic difficult system. This games pretend, in this way, to help the children overcome their troubles with a certain kind of sounds, and they can be used in therapy sessions or at home, for the children to practice. The therapist will also be able to follow de child to adjust the therapy sessions having in mind the troubles presented by the children.

**Keywords:** Oriented System for Speech Therapy, Sound Analysis, Speech Therapy, Difficulty Levels, Parametrization, Rewards, Adaptative Difficulty, Interactive Environment, Articulation Deviancies

---

---

# ÍNDICE

<b>Lista de Figuras</b>	<b>xiii</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Contextualização . . . . .	1
1.2 Objetivos . . . . .	2
1.3 Solução Proposta . . . . .	4
1.4 Contribuições . . . . .	5
1.5 Estrutura do Documento . . . . .	6
<b>2 Enquadramento e Trabalho Relacionado</b>	<b>7</b>
2.1 Conceitos Essenciais . . . . .	7
2.1.1 Voz . . . . .	7
2.1.2 Processo da Produção da Voz . . . . .	8
2.1.3 Características do Som . . . . .	8
2.1.4 Representação Digital do Som . . . . .	10
2.1.5 Fala e Linguagem . . . . .	11
2.1.6 Conceitos Fonéticos . . . . .	12
2.2 Terapia da Fala . . . . .	12
2.2.1 Consoantes Sibilantes . . . . .	12
2.2.2 Desvios da Fala e Linguagem . . . . .	13
2.2.3 Sigmatismo . . . . .	15
2.3 Exercícios de Terapia para Sigmatismo . . . . .	15
2.4 Estado da Arte . . . . .	17
2.4.1 Dificuldade Adaptada . . . . .	17
2.4.2 Sistemas de Apoio à Terapia . . . . .	17
2.4.3 Comparação de Sistemas . . . . .	24
<b>3 Plataforma de Jogos Sérios para Apoio à Terapia da Fala</b>	<b>27</b>
3.1 Detalhes Técnicos . . . . .	28
3.2 Aplicação do(a) Terapeuta . . . . .	29
3.2.1 Parametrização . . . . .	32

3.3	Aplicação da Criança . . . . .	33
3.4	Jogo dos Pares . . . . .	35
3.4.1	Informações . . . . .	38
3.4.2	Níveis de Dificuldade . . . . .	39
3.4.3	Sistema de Dicas . . . . .	44
3.5	Jogo do Labirinto . . . . .	47
3.5.1	Informações . . . . .	50
3.6	Sistema de Recompensas . . . . .	50
3.7	Sistema de Adaptação Dinâmica de Dificuldade . . . . .	55
3.8	Arquitetura do Sistema . . . . .	61
3.9	Pré-processamento de Áudio . . . . .	64
3.10	Sistemas de Classificação de Fala . . . . .	65
3.11	Outros jogos integrados na plataforma . . . . .	67
<b>4</b>	<b>Validação</b>	<b>73</b>
4.1	Participantes . . . . .	74
4.2	Ferramenta Computacional . . . . .	75
4.3	Especificidades Existentes no Sistema . . . . .	75
4.4	Parametrização e Informação . . . . .	76
4.5	Questionário Sobre as Crianças . . . . .	77
4.6	Conclusões dos Questionários . . . . .	78
<b>5</b>	<b>Conclusão e Trabalho Futuro</b>	<b>81</b>
5.1	Conclusão . . . . .	81
5.2	Trabalho Futuro . . . . .	83
	<b>Bibliografia</b>	<b>85</b>
	<b>Anexos</b>	<b>91</b>
<b>I</b>	<b>Questionário aos(às) terapeutas</b>	<b>91</b>
<b>II</b>	<b>Manual de Utilizador</b>	<b>97</b>
<b>III</b>	<b>Manual do programador</b>	<b>113</b>
<b>IV</b>	<b>Questionário às crianças</b>	<b>117</b>

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Espectro da mesma nota tocada por um piano e por um violino [0] . . . . .	9
2.2	Principais pontos de articulação [38] . . . . .	13
2.3	Loja Apraxia World . . . . .	19
2.4	Jogo Flappy Voice no modo mais fácil . . . . .	21
2.5	Jogo sPeAK-MAN . . . . .	23
2.6	Recompensas . . . . .	24
3.1	Página inicial do(a) terapeuta. (a) Página inicial da primeira vez que entra na aplicação. (b) Página inicial depois do endereço de email estar definido. . . .	30
3.2	Páginas das crianças. (a) Página para seleccionar a criança. Esta página contém um ícone associado a cada criança registada. Os ícones mostram a personagem ou objeto seleccionados pela criança. (b) Página para adicionar uma nova criança.	31
3.3	Página de parametrização . . . . .	32
3.4	Página geral da aplicação das crianças . . . . .	33
3.5	Mapa do jogo dos pares . . . . .	34
3.6	Jogo dos pares no modo simples. (a) Configuração inicial. As cartas estão viradas para baixo. (b) Um par completo ( <i>som</i> ) e outro seleccionado ( <i>chupa</i> ). O par seleccionado está à espera que a criança o finalize efetuando o exercício de terapia corretamente. (c) As duas cartas seleccionadas ( <i>China</i> e <i>som</i> ) não formam um par. Após esta seleção as cartas viram-se para baixo automaticamente. . .	37
3.7	Fluxograma do jogo dos pares . . . . .	39
3.8	Nível das palavras básicas. Neste nível a constituição das palavras respeita sempre o padrão consoante-vogal. (a) Mostra o nível das palavras básicas para o modo simples. Nesta imagem podemos ver que o par <i>chinelo</i> se encontra seleccionado pela criança. (b) Exibe o nível das palavras básicas para o modo avançado. A imagem mostra o par <i>juba – gema</i> seleccionado pela criança. . . .	41
3.9	Nível dos pares das palavras complexas. Neste nível a constituição das palavras já não tem de respeitar nenhum padrão, sendo assim, as palavras mais complexa. (a) Mostra o nível das palavras complexas para o modo simples. Nesta imagem podemos visualizar que o par <i>serrote</i> é o seleccionado. (b) Exibe o nível das palavras complexas para o modo avançado. Esta imagem mostramos que o par seleccionado é composto pela carta <i>génio</i> e <i>girassol</i> . . . . .	41

3.10	Nível dos pares mínimos – Comum a ambos os modos de jogo. Nesta imagem podemos ver que o par selecionado pela criança é constituído pela carta <i>seis</i> e a carta <i>reis</i> . . . . .	42
3.11	Níveis dos pares sonoros. (a) Aspeto de um par correto nos dois últimos níveis (cor de fundo amarela). (b) Carta selecionada nos dois últimos níveis (cor de fundo azul). . . . .	43
3.12	Representação gráfica do sistema de dicas . . . . .	45
3.13	Segunda dica oferecida . . . . .	46
3.14	Terceira dica oferecida nos primeiros dois níveis . . . . .	46
3.15	Terceira dica oferecida no nível dos pares mínimos no modo avançado . . . . .	47
3.16	Jogo do labirinto . . . . .	47
3.17	Fluxograma do jogo do labirinto . . . . .	48
3.18	<i>Feedbacks</i> visuais no jogo do labirinto. (a) Nesta imagem podemos verificar o <i>feedback</i> visual oferecido às crianças de modo a que as mesmas percebam o tempo que têm para proferir o esperado. (b) Esta imagem mostra o <i>feedback</i> visual que ocorre quando a criança termina o jogo. . . . .	49
3.19	Dica presente no jogo do labirinto . . . . .	50
3.20	Lojas onde se podem trocar as moedas. (a) Loja das personagens. Nesta imagem pode-se observar o custo das personagens que a criança ainda não possui e, portanto, ainda se encontram à venda. (b) Loja dos objetos. Através desta imagem pode-se verificar que os objetos à venda são das personagens que a criança já possui. Uma vez que, o objeto presente na imagem é da personagem que, atualmente, identifica a criança (o ícone da personagem que identifica a criança pode ser verificado no canto inferior direito). . . . .	51
3.21	Diferentes personagens disponíveis para as crianças . . . . .	52
3.22	Nestas imagens podem-se verificar uma das alterações presente na aplicação devido à mudança da personagem e dos seus objetos ativos. (a) Esta imagem mostra como é originalmente a página inicial de uma criança do sexo feminino. (b) Nesta imagem podemos verificar as alterações após a criança selecionar outra personagem e objeto da mesma para a identificar. . . . .	52
3.23	Exemplo de um mini mapa presente no jogo do labirinto . . . . .	53
3.24	Nestas imagens podem-se verificar todos os objetos existentes para todas as personagens. Os primeiros objetos de cada personagem são os objetos padrão da mesma. As imagens (a) e (b) correspondem aos objetos das personagens que serão atribuídas às crianças inicialmente. . . . .	54
3.25	Representação gráfica do sistema do total comum nos dois modos de jogo . . . . .	60
3.26	Representação gráfica do sistema das facilidades . . . . .	61
3.27	Arquitetura do sistema . . . . .	62
3.28	Jogo das Sibilantes Isoladas. Este jogo usa um cenário e uma personagem ou tema diferente para cada sibilante: serpente para o fonema sibilante [s]; abelha para o fonema [z]; joaninha para o fonema [ʒ]; chuva para o fonema [ʃ]. . . . .	68

3.29 Frica, a tutora virtual para treino das consoantes fricativas do português europeu. . . . .	69
3.30 Jogo DIGA. (a) Página inicial do jogo. Esta página permite: sair do jogo; visualizar as instruções; parametrizar as palavras utilizadas; jogar o jogo. (b) Página antecedente ao início do jogo. Permite a seleção do cenário e do nome a apresentar durante o jogo. (c) e (d) Correspondem a imagens do jogo a decorrer. . . . .	70
3.31 Jogo Preparar, Apontar, Fala: um jogo sério para crianças com sigmatismo. (a) Página inicial do jogo. Nesta página as crianças podem optar pelo modo de jogo (campanha) ou de treino. Podem ainda selecionar que cor querem para o canhão e/ou personagem. (b) Página dos níveis. Página antecedente ao jogo onde as crianças selecionam o nível a que pretendem jogar. (c) Corresponde ao jogo que está a decorrer. . . . .	71
3.32 Jogo da Vogal Sustentada. (a) Página inicial do jogo. Nesta página os(as) terapeutas podem adicionar e verificar as crianças que possuem. (b) Página inicial. Esta página permite aos(às) terapeutas escolherem se querem parametrizar o jogo ou se pretendem que as crianças joguem. (c) Página com todos os cenários do jogo. Nesta página as crianças verificam todos os cenários disponíveis, tendo em conta a parametrização do(a) terapeuta; também podem escolher em qual pretendem jogar. (d) Corresponde ao jogo a decorrer. . . . .	72
4.1 Utilidade dos diversos sistemas existentes . . . . .	76
4.2 Utilidade de diversas ferramentas existentes . . . . .	76
4.3 Utilidade da informação e parametrização para os(as) terapeutas . . . . .	77





## LISTA DE TABELAS

2.1	Comparação de sistemas . . . . .	25
3.1	Classificação dos fonemas fricativos por ponto de articulação e uso das pregas vocais . . . . .	67



## INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização

A fala é um dos elementos mais importantes na nossa vida, uma vez que, para além de permitir a transmissão de ideias, sentimentos e conhecimentos, permite a interação entre os seres humanos quer a nível familiar, social ou profissional. É ainda o meio de comunicação mais utilizado e, como tal, um elemento essencial para a integração na comunidade. Portanto, é importante saber falar de modo a que as outras pessoas compreendam o que se diz.

À medida que uma criança cresce vai aprendendo, de forma natural, a capacidade da fala através da audição e da observação dos movimentos articulatórios das pessoas que lhe são próximas e também através da repetição dos mesmos[4]. No entanto, existem crianças que apresentam dificuldades neste processo. Dificuldades essas que podem gerar frustração, isolamento social e alterações nas relações sociais próximas, podendo mesmo vir a tornar-se desvios da fala ou de comunicação. Tal situação pode causar um impacto direto não só na vida social da criança, como também no sucesso académico da mesma. Devido a estes motivos os desvios referidos são reconhecidos como questões importantes de saúde pública.

Infelizmente, é muito comum as crianças terem esses desvios sendo que a melhor forma de os ultrapassar é através da integração da criança em sessões de terapia da fala. Estas sessões são de extrema importância visto que, se não se abordarem estes problemas, os mesmos podem ter um efeito vitalício e as suas consequências agravar-se-ão cada vez mais com o passar do tempo.

Nas sessões de terapia da fala as crianças são seguidas por um(a) terapeuta que ajuda na análise e no tratamento dos desvios adaptando as sessões de terapia a cada caso. No entanto, estas sessões podem não ser o suficiente para as crianças superarem a sua

condição. Para tal, as mesmas têm de treinar de modo a ultrapassarem as suas dificuldades. Porém, são crianças e não têm a responsabilidade e a noção da importância desses treinos.

Outro obstáculo com que os(as) terapeutas se deparam na tentativa de auxiliar as crianças no seu combate a estas dificuldades é o facto de as crianças perderem facilmente o interesse pelas atividades, na forma de exercícios, se os mesmos forem monótonos. Assim, os(as) terapeutas da fala tentam dinamizar mais os exercícios que dão às crianças, fazendo-as pensar nos mesmos não como exercícios mas como jogos, visto ser algo que apela a atenção das mesmas e do qual elas gostam. Contudo, não é uma tarefa fácil pois as crianças desmotivam com muita facilidade das atividades que realizam. Nesta perspetiva e, uma vez que as crianças começam cada vez mais cedo a interagir com dispositivos electrónicos, estes poderão ser uma mais-valia no sentido de as ajudar a ultrapassar as suas dificuldades na fala, ao mesmo tempo que se divertem.

Atualmente, o uso de tecnologias de apoio (utilização de tablets e computadores), bem como o recurso a alguns produtos de apoio (aplicações) têm demonstrado ser uma ferramenta importante na melhoria das competências linguísticas e no fomento da comunicação [59]. Estas mudanças ao nível do acesso tecnológico têm tido um impacto muito significativo nos indivíduos com alterações na comunicação; deste modo, têm vindo a oferecer uma nova forma de intervenção por parte dos(as) terapeutas da fala, apesar de ainda ser escassa a oferta de instrumentos adaptados ou criados para o português europeu.

Outro problema encontrado, uma vez que, como referido anteriormente, é importante que as crianças treinem fora das sessões de terapia [9, 11, 31], é que as crianças não se conseguem auto-avaliar. Isto é, não conseguem saber se estão a executar bem o exercício ou não. Deste modo, torna-se necessária uma supervisão quando estão a praticar o que, muitas vezes, é complicado uma vez que hoje em dia os adultos, mais precisamente os pais das crianças em questão, têm pouca disponibilidade negligenciando, sem intenção, a atenção dispensada à criança nos seus treinos.

Outro pormenor útil e que ajuda à superação do problema dessas crianças seria a possibilidade dos(as) terapeutas terem acesso a informações sobre os seus treinos. Assim, teriam a oportunidade de monitorizar melhor tanto os progressos como as dificuldades da criança, permitindo uma melhor adaptação das sessões.

Deste modo, existe a necessidade de uma solução que encoraje as crianças a treinar, que permita que as mesmas o façam sem a necessidade de uma supervisão, que transmita informações sobre o treino da criança ao seu(à sua) terapeuta e ainda que seja direcionado para o português europeu.

## 1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo criar uma plataforma que contém dois jogos distintos. Os dois objetivos focais desta plataforma são os seguintes:

- Manter as crianças mais motivadas aquando da execução dos exercícios que as

auxiliam na superação dos seus problemas da fala, em especial o sigmatismo, através de:

- Um ambiente interativo.
  - Um sistema de recompensas que as motiva a continuarem a jogar.
  - Algumas ferramentas que as ajudam a não perder a sua motivação quando estão com dificuldades, sejam eles sistemas de dicas, dificuldade adaptada ao seu desempenho ou, ainda, mensagens encorajadoras.
- Oferecer ao(à) terapeuta informação sobre o treino da criança de modo a que este(a) tenha a possibilidade de o adaptar o melhor possível às necessidades da criança, através da análise dos dados obtidos durante a realização dos jogos pela mesma.

Assim, esta plataforma pretende auxiliar tanto as crianças que necessitam de terapia da fala de modo a superar as suas dificuldades a treinarem, como os(as) seus(suas) terapeutas a adequarem o melhor possível os treinos às dificuldades/facilidades das crianças. Focando-se em especial nas crianças que têm sigmatismo, sendo este um problema bastante comum entre elas. Devido à escassa quantidade de ferramentas existentes, pretende-se criar algo inovador. Assim, o trabalho de investigação foi ao encontro dessa solução.

De modo a se concretizar uma plataforma que dê para todas as crianças tem de se ter em conta diversos fatores: como o facto de a mesma vir a ser utilizada por crianças mais novas que não sabem ler e por outras que já o sabem; o facto de as crianças não terem todas as mesmas dificuldades, fazendo com que o que é desafiante e motivador para uma criança, para outra poderá ser aborrecido e desmotivador; nem todas as crianças com problemas nas consoantes sibilantes têm dificuldade nas mesmas consoantes; o facto de que nem todas as famílias dispõem de possibilidades financeiras para ter um dispositivo no qual as suas crianças possam executar esta plataforma. Tendo todas estas dificuldades em vista, nesta dissertação, pretende-se criar uma plataforma que vá ao encontro de soluções para todas estas dificuldades ao mesmo tempo que ajuda as crianças a ultrapassar as suas dificuldades no que diz respeito às consoantes sibilantes.

Esta dissertação faz parte do projeto *BioVisualSpeech*, o qual é uma parceria entre a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Universidade Carnegie Mellon, Escola Superior de Saúde de Alcoitão, INESC-ID, Centro Hospitalar de Lisboa e a Voice Interaction e que é financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia. Este projeto visa pesquisar mecanismos que ofereçam comentários visuais sobre o desempenho das crianças em tempo real, que auxiliem na terapia da fala das mesmas através de jogos sérios, complementando, assim, as sessões de terapia. Deste modo, estes jogos são focados no tratamento dos distúrbios da fala na língua portuguesa europeia das crianças. Outra questão de interesse presente neste projeto é o de oferecer a oportunidade da criança poder treinar fora das sessões de terapia, de modo a que esse treino se torne mais eficaz e a criança ultrapasse as suas dificuldades o mais depressa possível.

### 1.3 Solução Proposta

Nesta dissertação propõe-se o desenvolvimento de um ambiente interativo complexo devido à diversidade de ferramentas/sistemas existentes no mesmo. Esta plataforma destina-se a crianças com dificuldades da fala, no que diz respeito à articulação das sibilantes portuguesas. O principal objetivo é ajudar o(a) terapeuta a conseguir motivar mais facilmente a criança nos exercícios e auxiliá-la a superar os seus problemas de uma forma mais divertida. Porém, tem ainda o objetivo de permitir que os seus utilizadores não tenham a necessidade de possuir inúmeras aplicações diferentes para treinar, de modo a ultrapassar todas as suas dificuldades no que diz respeito a desvios da voz e da fala. Isto porque, como se poderá ver na secção 2.4, os sistemas existentes hoje em dia são direcionados somente para um problema específico, fazendo com que sejam necessárias diversas aplicações de modo a se treinarem os diferentes problemas.

O sistema proposto nesta dissertação está integrado no projeto BioVisualSpeech. Este consiste num projeto de investigação que tem como objetivo oferecer *bio-feedback* no âmbito da terapia da fala através de jogos sérios. Consiste numa plataforma cujos principais objetivos são: motivar as crianças de modo a aumentar a eficácia da sessão, incentivando-as assim a expandir as suas capacidades; disponibilizar ao(à) terapeuta da fala diversas ferramentas facilitando o planeamento das futuras sessões com as crianças.

Todos os jogos que se encontrarão nesta aplicação terão não só recompensas para manter as crianças motivadas como também possuirão uma dificuldade adaptada, tendo em conta as dificuldades/facilidades dos seus utilizadores. Para além da dificuldade adaptada e das recompensas terá ainda análise de som, no qual, um dos servidores identifica se a criança produz corretamente as consoantes sibilantes recorrendo a um sistema de classificação de sibilantes [5]. Enquanto o outro verifica se a palavra proferida pela criança é a correta através de um sistema de reconhecimento automático de palavras [1]. Para a realização do jogo não será necessária a presença física de um(a) especialista, pois este permite uma avaliação em tempo real como resposta ao desempenho da criança, de modo a que a mesma perceba o que realizou correta ou incorretamente.

Também será possível para os(as) terapeutas parametrizar diversas variáveis para cada um dos seus pacientes de modo a que os jogos sejam o mais adequado possível para cada um, visto que cada criança tem as suas dificuldades próprias a todos os níveis, sendo que, um certo jogo/dificuldade pode ser mais adequado para umas crianças do que para outras. Deste modo, o(a) terapeuta da fala poderá gerir, tanto as suas sessões, como os treinos das crianças de acordo com os progressos observados e, se necessário, encontrar ferramentas para complementar a evolução das crianças com quem trabalha.

Esta solução foi desenvolvida para computadores com o sistema operativo *Windows* e poderá ser utilizada tanto durante a sessão de terapia como fora dela. Fora da terapia a criança irá utilizar a sua aplicação (a aplicação realizada para as crianças), no entanto, durante a terapia, poderá utilizar a sua aplicação ou a do(a) terapeuta visto a mesma ter a parte do(a) terapeuta mas também abranger a aplicação da criança.

Existindo duas aplicações diferentes, e, podendo treinar a criança em qualquer uma delas, é necessária a transmissão das informações de uma aplicação para a outra. Tendo em conta a importância da privacidade das crianças, as informações sobre o treino das mesmas não serão guardados em nenhum servidor/base de dados. Em vez disso será guardada somente no dispositivo do(a) terapeuta e da criança. De modo a se efetuar a troca de informação entre aplicações, utilizam-se emails com um ficheiro que contenha a referida informação, necessitando, assim, tanto os(as) terapeutas como os responsáveis pelas crianças, estarem atentos ao email e, no mínimo todas as semanas, atualizar a aplicação, através da seleção desse mesmo ficheiro no local próprio para tal.

Para além do sistema em si proposto, dentro do mesmo, foram desenvolvidos dois jogos distintos:

- O jogo dos pares.
- O jogo do labirinto.

Ambos os jogos são inspirados nos jogos com o respetivo nome já existentes, tendo algumas variações de modo a se adaptar o melhor possível ao objetivo em questão.

O jogo dos pares, tem níveis diversos, com um sistema de dificuldade automática opcional, assim como um sistema de dicas para quando as crianças estiverem com alguma dificuldade em prole da motivação das mesmas. Dependendo do nível em que a criança se encontre a funcionalidade do jogo poderá ser distinta. No entanto, a base do jogo será as crianças selecionarem o par de cartas correto e pronunciarem com correção a sibilante presente no mesmo.

O jogo do labirinto traduz-se em as crianças percorrerem o mesmo até ao tesouro, com uma personagem escolhida ultrapassando todos os obstáculos presentes no mesmo. Estes obstáculos consistem em imagens espalhadas por todo o labirinto as quais param a personagem das crianças até as mesmas proferirem corretamente a palavra, onde está presente a consoante sibilante, correspondente à imagem apresentada. Apesar de não existir um sistema de dicas como no jogo dos pares, este apresenta uma ajuda, caso as crianças se encontrem com dificuldades.

## 1.4 Contribuições

- Uma plataforma como ferramenta de apoio à terapia da fala que inclui uma aplicação para os terapeutas e outra para as crianças.
- A aplicação das crianças inclui dois jogos para sigmatismo com uma estratégia de gamificação com um sistema de dicas e de recompensas para ajudar e motivar as crianças.
- Adaptação de diversos exercícios de terapia da fala em jogos sérios.

- Um dos jogos possui diversos níveis, alguns com jogabilidades distintas de modo a tornar o jogo menos monótono, e, abordar diferentes fases da terapia. Para além disso, dispõe ainda de um modelo de adaptação dinâmica de dificuldade de modo a ir ao encontro das dificuldades das crianças.
- A aplicação destinada aos(às) terapeutas possibilita a parametrização dos treinos de cada criança de modo a que o mesmo se torne o mais adequado tendo em conta as dificuldades/facilidades de cada criança.
- Disponibilização de informação dos treinos das crianças tendo em conta o nível presente para que os(as) terapeutas possam acompanhar o melhor possível o desempenho das crianças.
- Entrevistas iniciais com terapeutas permitiram definir aspetos importantes da plataforma para auxiliar tanto as crianças como os(as) seus(suas) terapeutas.
- Validação com:
  - inquéritos a terapeutas da fala, e
  - teste de utilizador efetuado por uma criança.
- Um artigo publicado na revista *Information* sobre diversos jogos sérios para terapia da fala que aborda um dos jogos desenvolvidos nesta dissertação [48].

### 1.5 Estrutura do Documento

O restante documento encontra-se organizado em diversos capítulos, sendo que no início de cada um será exposto com mais detalhe o tema de que se irá falar, explicitando em que seção se abordarão os assuntos referentes ao mesmo.

**Capítulo 2 (Enquadramento e Trabalho Relacionado)** – Este capítulo aborda todos os conceitos essenciais da terapia da fala para esta dissertação, tal como os diferentes distúrbios existentes. Nele, refere-se ainda algumas das ferramentas já existentes, relacionadas com esta dissertação, comparando as mesmas de modo a se tornar mais claro as vantagens da solução proposta.

**Capítulo 3 (Plataforma de Jogos Sérios para Apoio à Terapia da Fala)** – Neste capítulo expõem-se todas as decisões tomadas no sistema e respetivas justificações, bem como todos os detalhes da plataforma.

**Capítulo 4 (Validação)** – Este capítulo consiste na exposição das opiniões gerais obtidas através de entrevistas e/ou reuniões por parte dos(as) terapeutas, quer antes do desenvolvimento do jogo como após o mesmo.

**Capítulo 5 (Conclusão e Trabalho Futuro)** – Este capítulo final apresenta algumas conclusões finais e algumas ideias para trabalhos futuros.



## ENQUADRAMENTO E TRABALHO RELACIONADO

Este capítulo denota alguns conceitos fundamentais que aludem não só à terapia da fala como também ao som e a todas as implicações existentes com o mesmo, cujo conhecimento é importante para a realização desta dissertação. De seguida apresenta-se mais detalhadamente em que consiste cada uma das secções presentes neste capítulo:

**Secção 2.1** - Refere alguns conceitos essenciais sobre o tema desta dissertação entre eles, o som, a fala, a linguagem e alguns conceitos fonéticos que serão relevantes para as secções seguintes.

**Secção 2.2** - Menciona a importância da terapia da fala e os desvios existentes nas crianças, que as levam à necessidade de frequentar sessões de terapia da fala.

**Secção 2.3** - Pormenoriza alguns aspetos importantes sobre as consoantes sibilantes e explica alguns exercícios de terapia da fala por vezes utilizados durante as sessões de terapia, normalmente, pela sua ordem de utilização durante as mesmas.

**Secção 2.4** - Explicita a importância da dificuldade adaptativa e sumariza um método de a realizar. De seguida, descreve alguns sistemas existentes direcionados para a terapia da fala dividindo os mesmos em sistemas com ou sem análise de som e especificando algumas características relevantes dos mesmos. Esta secção termina com um estudo comparativo dos diversos sistemas que foram apresentados com maior detalhe.

### 2.1 Conceitos Essenciais

#### 2.1.1 Voz

A voz é um som audível resultante da atividade laríngea, ou seja, é o som audível que resulta da simultaneidade entre a pressão e a velocidade do fluxo de ar [26]. A voz pode ser caracterizada pela qualidade e adequação. Sendo que o conceito de qualidade pode ser identificado através das convenções consideradas mais comuns: fisiológicos, perceptivos e

acústicos. Já a adequação pode ser identificada tendo em conta a variação desses padrões sem o prejudicar na sua qualidade.

### 2.1.2 Processo da Produção da Voz

A voz é produzida através de um processo que consiste nas seguintes fases [26, 55]:

1. O ar contido nos pulmões é retirado através da coordenação do diafragma, dos músculos abdominais, dos músculos do peito e da caixa torácica.
2. O ar expelido dos pulmões é dirigido para as pregas vocais.
3. As pregas vocais vibram causando sequências de ciclos vibratórios dando origem à voz. Estas vibrações são designadas por fonação e são geradas da seguinte forma:
  - a) A pressão do ar abre a parte inferior das pregas vocais.
  - b) O ar sobe pelas pregas vocais separando-as até atingir a parte superior das mesmas causando uma abertura máxima. Este afastamento das pregas vocais dá-se devido à pressão do ar vencer a sua força de resistência.
  - c) À medida que o ar sobe, a pressão diminui devido à rapidez do movimento do ar (causando um 'efeito Bernoulli') que, juntamente com a flexibilidade das pregas vocais, origina o seu fecho iniciando-se o mesmo pelo fim até ao início das mesmas.
  - d) Este encerramento das pregas vocais divide a coluna de ar, libertando assim um pulso de ar do mesmo.
  - e) Após a libertação do pulso de ar dá-se por terminado um ciclo vibratório. A cada novo ciclo repete-se o mesmo processo.
4. As sequências de ciclos vibratórios produzem som audível, que, sendo amplificado e modificado pelo nariz, pela faringe e pela boca, permite que o mesmo se transforme em voz e que assuma as suas qualidades individuais.

### 2.1.3 Características do Som

O áudio tem diversas características e é através delas que conseguimos diferenciar os diferentes sons [38]. A discussão nesta secção é baseada em dois livros distintos [14, 61]. Algumas das características do som obtêm-se diretamente das ondas sonoras. As ondas sonoras, consistem numa repetição de pressões (altas e baixas) que ocorrem num período de tempo regular e periódico, num determinado meio e que são representadas numa curva sinusoidal.

As características do som podem ser físicas, sendo essas as seguintes:

- Amplitude - é a distância entre os pontos extremos de pressão da onda.

- Intensidade - é a quantidade de energia transportada pela onda em função de uma área percorrida num determinado período de tempo. A sua unidade mais comum é o *decibel (dB)*. A intensidade do som no ar relaciona-se com a amplitude da onda produzida. Permite assim, distinguir sons fracos (menor amplitude) de sons fortes (maior amplitude). Ou seja, quanto maior a amplitude da onda, maior a pressão que a onda irá exercer no ar e, portanto, maior a sua intensidade <sup>1</sup>.
- Frequência - consiste no número de vezes que, durante um segundo, se repete um ciclo completo de vibração. A sua unidade mais comum é o *Hertz (Hz)*.

O espectro sonoro é o conjunto de todas as frequências de vibração de um som que podem ser produzidas. Assim, todos os sons têm um espectro específico, sendo possível distingui-los através dos mesmos.

Para além das características físicas, existem ainda medidas de percepção do som. Isto é, sensações subjetivas, uma vez que variam tendo em conta a nossa percepção do som.

- Altura (*Loudness*) - é a sensação auditiva do som, criada através da combinação da frequência com a amplitude que nos dá uma sensação auditiva da intensidade do som.
- Tom (*Pitch*) - medida da sensação auditiva que depende da frequência.
- Timbre - O timbre é caracterizado pela composição de frequências que constituem a onda sonora. Ou seja, está associado ao espectro do som e permite-nos distinguir sons distintos que têm as mesmas frequências ativas, mas com intensidades relativas diferentes. Um exemplo é o que podemos verificar, na Figura 2.1, onde se pode visualizar as diferenças do espectro de um piano ao produzir uma dada nota e do espectro de um violino ao produzir essa mesma nota. O timbre também é denominado por qualidade do som, pois, a combinação de frequências, para além de caracterizar o som, também determina se o mesmo é agradável ou não. Quando as frequências que compõem o som são múltiplas umas das outras (harmónicos), o mesmo é agradável. Já quando a sua composição de frequências que não tem nenhuma relação entre si e, portanto, as ondas não tenham um período definido, o som pode ser desagradável.

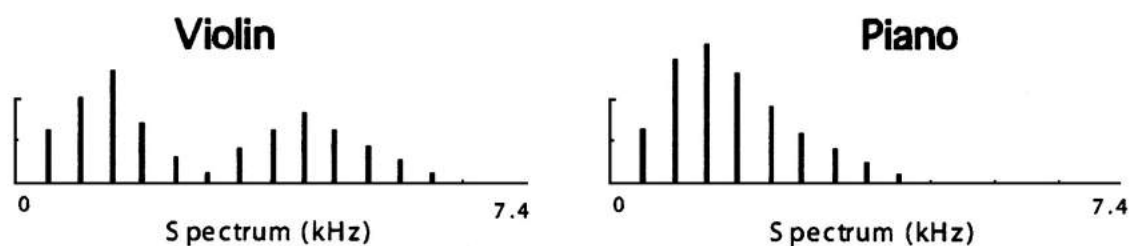


Figura 2.1: Espectro da mesma nota tocada por um piano e por um violino [0]

<sup>1</sup><https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/ondas-sonoras-a-timbre-altura-e-intensidade.htm>

É ainda importante referir o MFCC (*Mel-Frequency Cepstral Coefficients*) é uma das técnicas de parametrização do som mais utilizada para o reconhecimento da fala. Consiste em fazer uma análise de características espectrais de tempo curto, baseando-se na utilização do espectro convertido para uma escala de frequências com o nome de *Mel* que, em vez de ser dividido por todas as frequências existentes, é dividido da mesma forma que o nosso ouvido separa as frequências [24].

#### 2.1.4 Representação Digital do Som

Existem diversos valores que se podem medir a qualquer momento [47]<sup>2</sup>. Todos esses momentos pertencem a uma função  $f(t)$ , sendo  $t$  um determinado momento. O som é uma das propriedades que podem ser medidas a qualquer momento. Desta forma, o som é representado por este tipo de funções.

No entanto, este tipo de funções, visto serem funções contínuas, podem ter uma infinidade de valores. Porém, digitalmente não se conseguem guardar tantos valores, visto que um computador tem uma capacidade de memória limitada. Assim, de forma a se ser capaz de armazenar as informações presentes na função que representa o som, é necessário seleccionar-se um conjunto finito de valores através dos quais, seja possível a correta representação da função contínua. Para tal, recolhem-se amostras entre pequenos intervalos contínuos. Por exemplo, guardar um valor da função a cada segundo, ignorando os restantes valores.

Outra questão que se põe é o facto de uma função contínua ser uma função analógica, não sendo, deste modo, uma função digital, funções essas que são armazenadas através de *bits*. Existe, assim, a necessidade de transformar uma função analógica numa digital, de modo a se criar uma representação digital do som. Para tal, utiliza-se um conversor analógico para digital (ADC). Esta conversão ocorre, como já se referiu, através da constante amostragem. Cada amostra, ou seja, cada número, representa a amplitude da onda sonora num determinado momento.

O número de amostras por segundo é designado como a frequência da amostragem (*sample rate*) [33, 47]. A audição humana só consegue captar os sons entre vinte a 20 000 Hz. Porém, de modo a gravar um som com informação suficiente para reconstruir completamente as ondas do som original, é necessário gravar, no mínimo, com o dobro da frequência de amostragem do mesmo (teorema da amostragem de Nyquist-Shannon). Desta forma, a frequência com que se grava um som é de extrema importância para a sua análise.

##### 2.1.4.1 Diminuição da Frequência de Amostragem

Em certos casos, existe a necessidade de diminuir a frequência da amostragem<sup>3</sup>. Este processo realiza-se através da redução do número de amostras do som por segundo. Para

---

<sup>2</sup>[http://sites.music.columbia.edu/cmc/MusicAndComputers/chapter2/02\\_01.php](http://sites.music.columbia.edu/cmc/MusicAndComputers/chapter2/02_01.php)

<sup>3</sup><https://www.embarcados.com.br/oversampling-upsampling-downsampling-dsp/>

tal, seleciona-se uma amostra sempre que passar um determinado momento. É de se ter em atenção que este processo causa uma inevitável distorção do som original, uma vez que perde informação, não sendo deste modo, a possível reconstrução da onda do sinal original (como não se tem a informação de que parte da onda a amostra pertence, só se consegue obter uma onda com uma frequência menor, uma vez que o sinal é visto sempre como uma frequência constante).

### **2.1.5 Fala e Linguagem**

A fala e a linguagem verbal são conceitos que, no dia a dia, de vez em quando, se confundem como sendo o mesmo. Porém, são muito distintas e é importante ter-se bem em mente a diferença entre ambos, especialmente no âmbito desta dissertação, uma vez que existem problemas específicos de cada um deles.

#### **2.1.5.1 Fala**

A fala é como dizemos sons e palavras [55, 60]. Por outras palavras, a fala refere-se basicamente à maneira de articular os sons na palavra. A mesma é constituída por três componentes da produção da voz:

- Voz audível, que consiste no som básico produzido pela vibração das pregas vocais, isto é, a forma como se usam as pregas vocais e a respiração para reproduzir sons.
- Ressonância, que se traduz na voz sonora amplificada e modificada pela garganta, pela cavidade bucal e pelas passagens nasais, sendo que, são estas modificações que produzem a voz reconhecível de cada pessoa.
- Articulação, é a modificação da voz sonora através da língua, do palato mole e dos lábios. Estas modificações elaboram as palavras reconhecíveis, ou seja, é como se produzem os sons de fala usando a boca, os lábios e a língua.

#### **2.1.5.2 Linguagem**

É um sistema simbólico usado para representar os significados numa cultura, ou seja, consiste nas palavras que se usam e da forma como são utilizadas para a partilha de ideias, de modo a se obter o pretendido [60]. Por outras palavras, a linguagem significa trocar informações (receber e transmitir) de forma efetiva.

A linguagem inclui:

- O significado das palavras.
- A forma de criar palavras através da adição de certos afixos.
- A forma de juntar palavras de modo a formar frases coerentes.
- O modo de como se deve falar mediante situações diferentes.

### 2.1.6 Conceitos Fonéticos

Um fonema é a menor unidade sonora (fonológica) da fala; qualquer som usado para falar em qualquer um dos idiomas do mundo é um fonema. Os fonemas podem ter ou não voz, ou seja, podem ser produzidos com ou sem vibração nas pregas vocais. São sons que, articulados e combinados, constituem as sílabas, as palavras e as frases, na comunicação oral. O alfabeto fonético internacional (AFI), é o sistema mais utilizado, interligando símbolos aos sons básicos mais frequentes nas diferentes línguas do mundo. O fonema não deve ser confundido com a letra (representação gráfica do fonema) pois o mesmo fonema pode ser representado por mais de uma letra, assim como a mesma letra pode representar mais de um fonema. Também, por vezes, algumas letras não representam fonemas e não possuem qualquer som.

As consoantes são produzidas através do fechamento parcial ou completo do trato vocal e com as pregas vocais abertas ou vibratórias. Ao contrário do que sucede com as vogais que são produzidas através de pregas vocais vibrantes e trato vocal (tubo com dois segmentos mesmo acima dos pulmões e dos músculos do diafragma, que bombeiam ar) [10] aberto, cujas pressões exercidas pelos movimentos da língua não impedem o fluxo de ar entre as pregas vocais e os lábios [23].

## 2.2 Terapia da Fala

Devido ao facto de a comunicação ser algo importante e capaz de influenciar a vida de uma pessoa é fundamental identificar os desvios da fala e tratá-los o mais cedo possível [4]. E é aqui que se verifica a importância da terapia da fala, visto que a mesma atua na deteção desses desvios, classifica-os e corrige-os<sup>4</sup>. Deste modo, o(a) terapeuta da fala é o(a) responsável pela prevenção, avaliação e tratamento das perturbações relacionadas com a comunicação humana.

O surgimento da terapia da fala decorreu, precisamente, da necessidade de resolver várias alterações linguísticas e comunicativas que foram surgindo ao longo dos séculos.

### 2.2.1 Consoantes Sibilantes

As consoantes e as vogais são produzidas de formas distintas, uma vez que na produção do som das vogais a passagem do ar não é interrompida não havendo assim fricção nem obstrução enquanto que para a execução do som das consoantes existe uma obstrução total ou parcial do ar podendo, deste modo, existir fricção<sup>5</sup>. As consoantes sibilantes, correspondem ao grupo das consoantes fricativas, isto é, as consoantes que envolvem um estreitamento severo de parte do caminho aéreo que faz com que a corrente de ar se torne agitada e forme ruído-[21]<sup>6</sup>. Esse ruído é adicionado ao som da fonação da laringe.

---

<sup>4</sup><https://www.ess.ipp.pt/clinica-pedagogica/servicos/terapia-da-fala>

<sup>5</sup>[http://www.fonologia.org/fonetica\\_articulatoria.php](http://www.fonologia.org/fonetica_articulatoria.php)

<sup>6</sup><https://www.preparaenem.com/portugues/classificacao-das-consoantes.htm>

Existem quatro consoantes sibilantes diferentes em português europeu, sendo elas as que se seguem: [s] (que aparece por exemplo, nas palavras sabe e passo), [z] (ocorrendo em palavras como casa e azar), [ʃ] (verificando-se em palavras como chave) e [ʒ] (observando-se em palavras como já) [15]. Estes tipo de sibilantes normalmente são aprendidas pelas crianças até aos 4, 5 anos [14, 40, 49].

Há dois tipos de sons das sibilantes. Os sons sibilantes podem ser classificados quanto ao seu ponto de articulação e quanto à utilização das pregas vocais. As sibilantes palatais ocorrem quando a língua toca no palato duro (que produz as consoantes sibilantes [s] e [z]) e as sibilantes alveolares ocorrem quando o cimo da língua toca na crista alveolar (produzindo as consoantes sibilantes [ʃ] e [ʒ]). As sibilantes presentes em cada um desses grupos (sibilantes palatais e sibilantes alveolares) diferenciam-se devido à utilização ou não das pregas vocais na sua produção: sendo as consoantes que utilizam as pregas vocais, as sibilantes [z] e [ʒ] e as que não utilizam, as sibilantes [s] e [ʃ]). A localização dos pontos de articulação utilizados nas diferentes sibilantes encontra-se assinalada na Figura 2.2 tal como alguns outros locais principais de articulação.

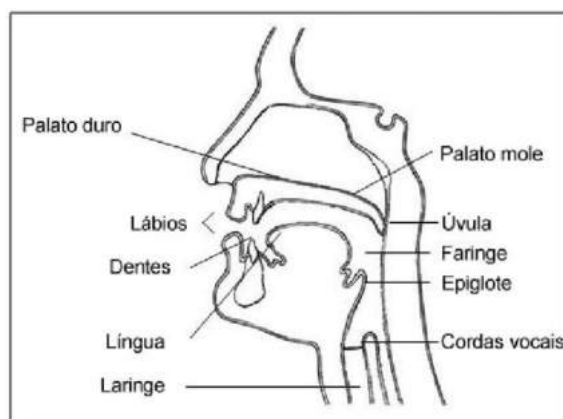


Figura 2.2: Principais pontos de articulação [38]

### 2.2.2 Desvios da Fala e Linguagem

Como referido anteriormente, existem dois tipos de desvios [60]. Sendo que estes desvios podem ser divididos em três grandes grupos:

- Desvio de linguagem recetivo, que ocorre quando se tem problemas em entender o que as outras pessoas dizem.
- Desvio expressivo da linguagem, que consiste na dificuldade em partilhar os pensamentos, ideias e sentimentos.
- Desvio do som da fala, que se refere à dificuldade na emissão de sons, quando se gagueja ou ainda quando se tem problemas de voz. Ou seja, alude a qualquer

dificuldade ou combinação das mesmas com a percepção, produção motora ou representação fonológica dos sons e segmentos da fala. Estes, podem ser de natureza orgânica ou funcional. Este tipo de desvio é o que tem mais impacto no âmbito desta dissertação.

### 2.2.2.1 Desvios Orgânicos da Fala

Estes desvios, podem ser adquiridos ou desenvolvidos [18, 46, 52]. Os mesmos podem ser observados em mais detalhes de seguida. Estes, resultam de diversas causas, podendo ser estruturais, sensoriais/percetivos ou ainda motores/neurológicos, os quais podem resultar em:

- Disartria, que é um desvio da fala caracterizado pela dificuldade no controle dos músculos necessários para falar e que resulta na dificuldade em articular as palavras de maneira correta. Ou seja, é resultante de fraqueza neuromuscular, paralisia ou falta de coordenação dos músculos necessários para produzir a fala. As crianças com disartria, regra geral, têm respiração superficial e irregular, o que cria dificuldades para gerar respiração suficiente para apoiar a fala, dificultando assim o seu discurso. Estas anormalidades podem ser adquiridas não só em qualquer idade devido a uma lesão neurológica, doença ou desvio como também podem surgir precocemente devido a danos neurológicos sofridos antes, durante ou após o nascimento.
- Apraxia, que é uma desordem neurológica que se caracteriza por provocar problemas na transmissão de mensagens do cérebro para os músculos responsáveis por emitir os sons. As crianças com este desvio sabem o que pretendem dizer mas não têm a capacidade de produzir os movimentos motores necessários ou mover as suas articulações com a velocidade e força exigidas no momento certo.

### 2.2.2.2 Desvios Funcionais da Fala

Estes desvios estão relacionados com a produção motora dos sons e os aspetos linguísticos relacionados à produção da fala [18, 52]. Dentro destes desvios existem duas categorias distintas, sendo elas:

- Desvios da articulação que se concentram nos erros da produção de sons individuais.
- Desvios fonológicos que consistem em erros previsíveis e baseados em regras que afetam vários sons. As crianças com este tipo de desvio não aprenderam como os sons se encaixam uns nos outros, de modo a formarem palavras.



### 2.2.3 Sigmatismo

O sigmatismo consiste num desvio funcional da fala, mais precisamente, um desvio fonológico. Uma vez que, como veremos de seguida, este problema consiste em erros previsíveis que afetam vários sons.

O sigmatismo é caracterizado pela produção incorreta de alguns dos fonemas fricativos como o [s], [z], [ʃ], [ʒ] [30, 51]. Este problema é o mais relevante para esta dissertação, visto ser o problema que a mesma pretende auxiliar as crianças a ultrapassar.

O sigmatismo, normalmente, encontra-se relacionado com disfunções nos órgãos fonoarticulatórios, dentários ou craniofaciais provocado pelo uso excessivo da chupeta, por roer as unhas, por chuchar no dedo, pela respiração oral e alterações nas arcadas dentárias. As crianças que possuem sigmatismo normalmente, ou posicionam a língua entre os dentes para produzir alguns sons, ou o ar escapa-lhes lateralmente durante a produção destes sons específicos. Podendo também trocar os pontos de articulação e a utilização ou não das pregas vocais na produção das consoantes sibilantes.

## 2.3 Exercícios de Terapia para Sigmatismo

Um dos conceitos mais importantes para esta dissertação são as consoantes sibilantes e os exercícios de terapia para sigmatismo, uma vez que a plataforma desenvolvida nesta dissertação tem o seu foco nas crianças com esse mesmo problema. Assim, de modo a auxiliar as crianças, utilizam-se diversos exercícios de terapia da fala que têm por objetivo colmatar essa dificuldade.

No início da elaboração da plataforma desenvolvida nesta dissertação, de modo a que a mesma auxiliasse o máximo possível tanto as crianças como os(as) terapeutas da fala, contactaram-se alguns(mas) terapeutas. Assim, todos os dados presentes nesta subsecção baseiam-se em informações fornecidas pelos(as) mesmos(as) durante a realização dessas entrevistas iniciais.

**Sibilantes Isoladas** No início do processo de superação do sigmatismo, durante as sessões de terapia, as crianças realizam exercícios que consistem em proferir as consoantes sibilantes isoladas. Estes exercícios servem para as crianças treinarem a produção destes antes de passarem à inserção dos mesmos em palavras. Visto que proferir as consoantes sozinhas é mais simples do que numa palavra, uma vez que nelas, existem pequenas nuances. Dificultando assim a produção das consoantes sibilantes. Dos exercícios explícitos nesta secção, este é o único que os jogos desenvolvidos neste sistema não recaem, visto já existirem alguns jogos baseados nele. Para além de que estes dois jogos serem direcionados para crianças que já estão na fase seguinte (produção de palavras com consoantes sibilantes) da terapia da fala para sigmatismo.

**Produção de Palavras com Sibilantes** Um exercício que muito utilizado pelos(as) terapeutas nas sessões de terapia com crianças com sigmatismo para que as mesmas consigam ultrapassar as suas dificuldades é a produção de palavras com consoantes sibilantes. Porém, o local das consoantes sibilantes tem uma grande importância. Pois, diferentes locais acatam dificuldades distintas. Assim, ao começarem a utilizar palavras nas sessões de terapia, começam sempre por palavras cuja consoante sibilante está presente no início da mesma. Outra questão importante no que toca à dificuldade por parte da palavra para as crianças, é a constituição da palavra em si. Palavras simples, isto é, cujas sílabas são sempre consoante-vogal (a sua constituição cumpre sempre o padrão (consoante+vogal)<sup>+</sup>), são sempre mais fáceis do que palavras com duas consoantes seguidas. Da mesma forma que as palavras a que as crianças estão habituadas a ouvir no seu dia-a-dia, também são mais fáceis do que palavras que ouvem esporadicamente.

**Identificação e Produção de Consoantes Sibilantes** Outro exercício de terapia muito comum é o de identificar as consoantes sibilantes e de seguidas proferir as mesmas. Este exercício, tal como o anterior treina a correta produção destas consoantes. No entanto, também se foca no reconhecer as mesmas. Este género de exercícios, tem as mesmas peculiaridades no que toca à dificuldade das palavras utilizadas bem como ao local da consoante sibilante presente na mesma.

**Pares Mínimos** Pares mínimos de palavras são palavras diferentes apenas devido à adição, substituição ou exclusão de um único elemento fonológico, isto é, diferenciam-se apenas num fonema, como por exemplo, nas palavras 'selo' e 'zelo' sendo que entre estas palavras o único som que se diferencia é o [s] do [z]. Daí a facilidade com que, por vezes, estes sons são trocados [14, 22]. Em virtude deste facto os pares mínimos são algo que os(as) terapeutas da fala trabalham bastante pois constituem uma dificuldade frequente nas crianças.

**Reconhecer e Distinguir as Consoantes Sibilantes** Reconhecer e distinguir as consoantes sibilantes ao ouvirem as mesmas, também são exercícios efetuados durante as sessões de terapia. Apesar de em exercícios deste género as crianças não estarem a treinar a produção das consoantes sibilantes, não deixa de ser importante e desafiante para as crianças efetuarem este género de exercícios. Assim, um dos exercícios para se reconhecer e distinguir as consoantes sibilantes, é deixar as crianças decidir que consoantes são iguais aos ouvirem, por exemplo, palavras. Para tal, podem-se utilizar palavras com consoantes distintas. No entanto, de modo a aumentar a dificuldade, pode-se ainda utilizar palavras com consoantes iguais mas com características distintas, como a frequência e/ou intensidade.

## 2.4 Estado da Arte

Nesta secção começa-se por se tratar um pouco a dificuldade adaptativa. De seguida, passa-se para a apresentação dos sistemas que foram desenvolvidos de modo a facilitar a terapia da fala, visto que os mesmos oferecem uma maior facilidade para os(as) terapeutas manterem as crianças concentradas e incentivadas durante os seus treinos. Estes sistemas podem ser divididos em dois géneros, sistemas com análise de som e sistemas sem análise de som.

Vão-se ainda referir sistemas que contêm uma estratégia baseada em recompensas para manter os seus utilizadores motivados e empenhados. E, para além dos sistemas com recompensa, ainda se referenciarão sistemas com dificuldade adaptada fazendo com que os utilizadores não se sintam frustrados por não conseguirem alcançar o objetivo devido a uma elevada dificuldade ou por a dificuldade do sistema ser demasiado básica.

A fim de terminar esta secção será apresentada uma tabela de resumo dos sistemas referidos durante a mesma, de modo a facilitar a comparação entre eles.

### 2.4.1 Dificuldade Adaptada

Em qualquer jogo, educacional ou não, existem utilizadores que têm mais facilidade do que outros; nesta perspetiva, torna-se difícil alcançar o objetivo de os manter a todos motivados e interessados no jogo. Há que ter em conta que, o que para um pode ser fácil e aborrecido, para outro pode ser desafiante e motivador, podendo ainda ser demasiado difícil para outros deixando-os frustrados e, tal como os primeiros, desmotivados.

Assim, a dificuldade adaptada é uma mais valia para qualquer jogo uma vez que permite a todos os jogadores estarem no seu nível ideal motivando-os e incentivando-os a melhorar.

Hoje em dia, já existem modelos distintos para adaptar dinamicamente a dificuldade do jogo com base no desempenho do jogador [56]. Um desses modelos é o utilizado para jogos de corridas de carros [2].

Este algoritmo adapta automaticamente a dificuldade do circuito da corrida para todos os jogadores enquanto os mesmos estão a jogar. Utiliza um algoritmo de aprendizagem automática de modo a classificar o desempenho dos utilizadores. A fim de o realizar utiliza uma *multi-class linear Support Vector Machine* cujo algoritmo (SVM) se baseia em encontrar o plano que divide os dados em classes diferentes.

### 2.4.2 Sistemas de Apoio à Terapia

Atualmente já existem diversos sistemas cujo objetivo é auxiliar a terapia da fala. Os mesmos podem ser divididos em diversas categorias sendo elas, sistemas com ou sem análise de som, sistemas com ou sem sistemas de recompensa e sistemas com ou sem dificuldade adaptada.

De modo a facilitar a perceção dos sistemas já existentes hoje em dia, os mesmos são explicados e, de seguida, divididos tendo em conta a análise do som, visto ser um dos critérios mais interessantes, uma vez que permitem à criança utilizar os sistemas tendo noção da sua prestação sem a presença de um(a) terapeuta para avaliar o seu desempenho. Dentro de cada uma dessas categorias irá verificar-se ainda que sistemas contêm, também, as restantes categorias. Estas não podem ser descoradas pois também ajudam a criança, quer seja para as motivar ou para ajustar o treino às dificuldades da mesma.

### 2.4.2.1 Sem Análise de Som

Os sistemas pertencentes a esta categoria apesar de manterem as crianças motivadas nos seus treinos, obrigam a uma constante supervisão por parte do(a) terapeuta da fala. Outro aspeto negativo deste tipo de sistemas é que, mesmo com supervisão, quando a mesma não é realizada por especialistas, pode não ser feita de forma adequada.

- LittleBeeSpeech

Este sistema contém diversos modos de jogos tanto em inglês como em espanhol, entre eles o *Articulation Station* que consiste em diferentes jogos como o jogo dos pares; frases e cartões com imagens e frases com fonemas em posições específicas [35]. Oferece ainda a possibilidade de praticar tanto palavras isoladas como em frases.

- Articula

Este sistema é a primeira aplicação em português europeu no mercado. Destina-se a treinar a realização de sons podendo também ser utilizada para o desenvolvimento tanto da escrita como da leitura.

Baseia-se em exercícios que os(as) terapeutas têm, mas em formato digital [8] <sup>7</sup>.

- Falar a Brincar

É outra aplicação, em português europeu, no mercado.

Esta aplicação consiste em cinco jogos didáticos de terapia da fala que recaem sobre a consciência silábica e a consciência intra-silábica. Um dos jogos que esta aplicação oferece é a contagem do número de sílabas presentes na palavra apresentada no ecrã <sup>8</sup>.

### Com Recompensas

- Robust game with voice exercises in the field of speech therapy

Este sistema, ao contrário da maioria, foca-se na qualidade da voz das crianças [19]. Consiste em exercícios nos quais a criança tem que dizer sons em tom crescente

---

<sup>7</sup><https://visao.sapo.pt/exameinformatica/noticias-ei/software/2014-04-30-articula-a-app-portuguesa-para-terapia-da-fala/>

<sup>8</sup><https://falarabrincar.wordpress.com/>

ou decrescente, ou em dizer uma vogal com voz firme durante alguns segundos. Apresenta ainda a funcionalidade da criança se ver a si própria e ao seu(a) terapeuta de modo a ter um feedback visual uma vez que, deste modo, a criança consegue visualizar o que está a fazer e a forma correta como o(a) terapeuta o executa, facilitando assim a criança nas suas correções.

De modo a manter as crianças motivadas contém um sistema de recompensas que consiste em barras progressivas infantis.

De modo a verificar automaticamente se o exercício foi executado corretamente usam-se modelos de classificação que decidem se os exercícios estão corretos.

- Apraxia World

Este sistema consiste num jogo de aventura para crianças com desvios do som da fala, em que o utilizador controla um macaco através de botões direcionais e de outros dois botões, sendo que, todos eles se encontram presentes no ecrã [27]. Os exercícios de fala também estão associados aos recursos necessários de modo a se ultrapassar o nível. O objetivo deste jogo é atravessar obstáculos até se atingir a linha da meta em cada nível, tendo para isso que realizar corretamente os exercícios de fala.

Contém quarenta e oito níveis divididos por oito mundos diferentes, diversas personagens e uma loja na qual se podem comprar itens para personalizar a personagem e adquirir melhorias para o jogo (Figura 2.3).



Figura 2.3: Loja Apraxia World

No que diz respeito a recompensas, este jogo oferece dois tipos de objetos colecionáveis: estrelas e moedas. As moedas estão dispersas pelos níveis e servem para se comprar itens na loja e as estrelas servem como um desafio secundário em que o objetivo será conseguir apanhá-las todas. Também é necessário apanhar um número mínimo de estrelas de modo a superar um nível.

Uma característica interessante neste jogo, para além da loja onde se podem comprar recompensas com as moedas ganhas através da execução dos níveis ou de determinados exercícios, é o facto de existirem *checkpoints* que servem para guardar

o estado do jogo nesse ponto para que, caso o utilizador perca, não seja obrigado a reiniciar o nível.

Os(as) terapeutas podem fornecer uma lista de palavras personalizada de acordo com a necessidade de cada criança, o número de exercícios a ser completo por estrela e por nível, o número de estrelas por nível e o valor de cada estrela em moedas. Avaliam ainda se o exercício foi executado corretamente ou não, através de uma entrada predefinida no teclado.

### 2.4.2.2 Com Análise de Som

Estes sistemas são os sistemas mais complexos e que mais facilitam tanto o trabalho dos(as) terapeutas, como o treino das crianças uma vez que permitem que as mesmas treinem sem a necessidade de supervisão, pois o próprio sistema analisa e avalia o que o utilizador diz de modo a dar um feedback automático da prestação do mesmo. Deste modo, permite que as crianças treinem sempre que desejarem, uma vez que não têm a necessidade de ter alguém a verificar se estão, ou não, a realizar o exercício corretamente.

- IBM Speech Viewer

Esta ferramenta foi a primeira a existir, não sendo portanto recente (a sua última versão foi lançada em 1997), e permite às crianças, a partir dos 2 anos, realizarem exercícios durante a sessão de terapia ou em casa uma vez que, graças à análise de som, não existe a necessidade de uma supervisão por parte dos adultos [17, 29, 53]. Oferece ainda uma segunda plataforma específica para os(as) terapeutas que lhes permite monitorizar o progresso dos seus pacientes e assim atribuir-lhes novos exercícios sempre que se considere necessário.

- Flappy Voice

Este sistema é um jogo direcionado a crianças com apraxia, baseado no conhecido *Flappy Bird* [32].

Tal como o *Flappy Bird* o objetivo deste jogo é manter o pássaro a voar passando pelo meio dos obstáculos, sem tocar nos mesmos. No entanto, ao contrário do mesmo, em vez de se jogar através do contacto com o ecrã, as crianças controlam o pássaro com a sua voz. Dependendo da duração e da intensidade da voz da criança o pássaro sobe ou desce. Assim, uma vez que o essencial para a movimentação do pássaro está somente relacionada com propriedades da voz, não é relevante o que a criança diz nem em que língua o faz.

Tanto este sistema como o referido anteriormente, o IBM, ao contrário dos próximos que possuem análise de som, não realizam reconhecimento das palavras.

Este jogo possui dois níveis de dificuldade diferentes: o livre em que mal o utilizador toque num obstáculo o mesmo perde, e o assistido, que permite ao utilizador tocar

em certas zonas dos obstáculos, obtendo assim uma maior área em que o pássaro pode voar sem perder. Este modo pode-se visualizar na Figura 2.4.

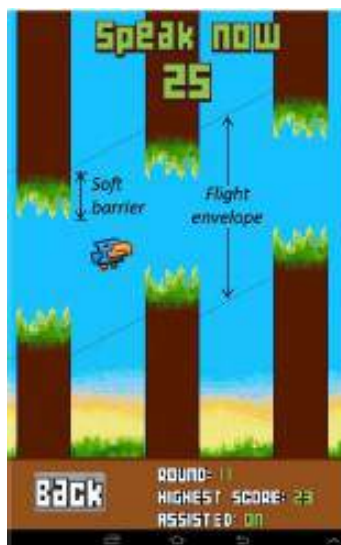


Figura 2.4: Jogo Flappy Voice no modo mais fácil

Apesar de apresentar diferentes níveis de dificuldade, este jogo não alterna entre os mesmos automaticamente, tendo o(a) terapeuta que selecionar o nível pretendido. O(a) terapeuta, para além de ao criar novos exercícios poder selecionar os diferentes níveis de dificuldade, pode ainda customizar a quantidade e a altura dos obstáculos.

- SpokeIt

Este sistema é o primeiro jogo para terapia da fala que contém uma demonstração da pronúncia correta do que se pretende, através de uma animação cujos lábios se movem de acordo com o pretendido [20]. Demonstra, automaticamente, como se devem pronunciar as palavras quando um utilizador estiver com dificuldades, ou seja, quando estiver calado durante mais de dez segundos.

Utiliza, para realizar a análise de som, um sistema de reconhecimento de fala offline para dispositivos portáteis, o Pocketsphinx.

- Vithea

Este sistema é orientado para crianças com afasia [7]. Consiste numa terapeuta virtual que promove exercícios para os utilizadores. O sistema usa um reconhecedor da fala, sendo o mesmo o AUDIMUS [28] (um sistema de reconhecimento de fala contínua para português europeu baseada no *Multilayer Perceptron - MLP* e nos modelos de *Hidden Markov models - HMMs*), de forma a aferir se os mesmos foram executados, ou não, corretamente.

Este sistema oferece aos(às) terapeutas a comodidade de não só criarem novos exercícios para os seus pacientes realizarem, como também a de supervisionarem o progresso dos mesmos.



- Interactive Game for the Training of Portuguese Vowels

Este sistema consiste num jogo sério em que se controla um carro de corrida através da articulação das vogais portuguesas isoladas, em que cada uma corresponde a uma das seguintes ações: virar à direita, virar à esquerda, acelerar, travar e parar o carro [13].

### Com Recompensas

- Otsimo Speech

Este sistema tem um algoritmo de reconhecimento de voz com aprendizagem automática de modo a capturar os sons corretos. Tem um sensor de ruído ativo que interceta os ruídos de fundo e avisa caso o ambiente esteja alto demais para a realização dos exercícios.

Quando o utilizador expressa um som ou uma vogal o sistema recompensa-o <sup>9</sup>.

- Fofuuu

Este sistema possui exercícios gamificados com pontuações e diversos estímulos para as crianças.

Usa apenas o sistema de som dos tablets e smartphones. Todos os exercícios foram montados tendo por base um sistema de inteligência artificial <sup>10</sup>.

### Com Dificuldade Adaptada

- sPeAK-MAN

Este sistema consiste num jogo sério baseado no famoso jogo do *Pac-Man* sendo que, neste jogo, ao se dizer corretamente o nome dos fantasmas, os mesmos irão fugir e tornar-se vulneráveis [54]. Os nomes dos fantasmas (as palavras que aparecem por cima dos mesmos) são selecionadas aleatoriamente de uma lista de palavras escolhidas por terapeutas, apropriadas para o nível em que se está a jogar. Pode-se visualizar uma imagem deste jogo na Figura 2.5.

Este jogo contém três níveis de dificuldades diferentes que vão aumentando automaticamente. Estes níveis baseiam-se na alteração do estado dos fantasmas, sendo eles os seguintes: *Chase*, *Evade* e *Die*. Após o início de um nível, sempre que o utilizador disser uma das palavras que seja reconhecida pelo sistema, a mesma será avaliada e ser-lhe-á calculada uma percentagem de precisão que será guardada. Em cada jogo, a palavra reconhecida é comparada com os nomes atuais dos fantasmas e se corresponder a algum e a precisão estiver acima de um certo limite, o fantasma cujo nome o utilizador disser mudará o seu estado para o seguinte, por exemplo, mudará de *Chase* para *Evade*.

---

<sup>9</sup><https://otsimo.com/en/speech-blubs-otsimo-speech-therapy/>

<sup>10</sup><https://canaltech.com.br/saude/app-usa-ia-para-ajudar-no-tratamento-de-criancas-com-labio-leporino-118348/>





Figura 2.5: Jogo sPeAK-MAN

- Star

Este sistema é um jogo com reconhecimento automático de fala, que consiste em ensinar determinadas palavras a extraterrestres [12]. Inicialmente ensinam-se sílabas, aumentando o nível de dificuldade até ter de se ensinar frases aos mesmos.

- Visual Speech sustained vowel game with adaptive difficulty

Este é um sistema do projeto *BioVisualSpeech*. O mesmo baseia-se num jogo para ajudar na terapia da fala cuja dificuldade se adapta automaticamente tendo em conta o desempenho da criança [37]. Consiste em se levar a personagem de um lado do cenário para o outro, sendo que existem vários cenários e a movimentação da personagem está de acordo com o mesmo. A fim de movimentar a personagem a criança tem de proferir uma das vogais portuguesas durante o maior tempo possível. Este jogo tem ASR (*Automatic Speech Recognition*) para as vogais e controla a intensidade da voz.

De forma a adaptar corretamente a dificuldade perante as facilidades e/ou dificuldades da criança, a alteração da mesma é determinada a partir de um modelo dinâmico criado com base em variáveis relevantes no âmbito da terapia. Para além da dificuldade ajustada automaticamente, este jogo sério contém ainda um sistema de recompensas (Figura 2.6) de modo a manter a criança motivada, que consiste em quinze bonecos infantis que as mesmas podem colecionar ao realizarem os exercícios corretamente.

Para além destes, existem ainda outros sistemas direcionados para a terapia da fala



Figura 2.6: Recompensas

como o **OLP** [45], o **TERAPERS** [41], o **Speech Adventure** [62]. Neles, podem-se encontrar diversas características como a análise de som, a possibilidade de visualizar a gravação da execução correta, a obtenção automática de relatórios sobre as crianças e a monitorização remota, que auxiliam a superação de diferentes problemas.

### 2.4.3 Comparação de Sistemas

Sistema	Idioma	Análise de Som	Recompensas	Dificuldade Adaptada	Trabalham				Vários Jogos	Parametrização	Informação dos Treinos
					Palavras	Fonemas	Vogais Isoladas	Voz			
LittleBeeSpeech	Inglês				Sim	Sim			Sim		
Articula	Português					Sim					
Falar a Brincar	Português								Sim		
Robust game with voice exercises in the field of speech therapy	Português		Sim					Sim			
Apraxia World	Inglês		Sim		Sim						
Spokelt	Inglês	Sim			Sim						
Flappy Voice	Todas	Sim						Sim			
Vithea	Português	Sim			Sim						Sim
Interactive Game for the Training of Portuguese Vowels	Português	Sim					Sim			Sim	
IBM Speech Viewer	Inglês	Sim				Sim				Sim	Sim
Otsimo Speech	Inglês	Sim	Sim		Sim				Sim		
Fofuuu	Português	Sim	Sim			Sim					
sPeAK-MAN	Inglês	Sim		Sim	Sim						
Star	Português	Sim		Sim	Sim						
Visual Speech sustained vowel game with adaptive difficulty	Português	Sim	Sim	Sim			Sim			Sim	
Plataforma Proposta	Português	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim		Sim	Sim	Sim
Jogos Propostos	Português	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim			Sim	Sim	Sim

Tabela 2.1: Comparação de sistemas

A Tabela 2.1 caracteriza os sistemas referidos na secção anterior (secção 2.4) e retrata as diferenças entre os mesmos, mais especificamente no que toca ao idioma dos mesmos, se têm análise de som permitindo assim uma utilização por parte dos utilizadores sem supervisão, para que plataforma estão preparados (sendo umas mais cómodas e acessíveis que outras), se contém recompensas de modo a manter o utilizador motivado e ainda, se tem dificuldade adaptada de modo a ajustar automaticamente o sistema às necessidades do utilizador.

Consegue-se observar que já existe um elevado número de sistemas com análise de som o que é uma mais valia. No entanto, podemos verificar na tabela de comparação, que são poucos os sistemas existentes que possuem tanto dificuldade adaptada como recompensas. No *Visual Speech sustained vowel game with adaptive difficulty*, único sistema que apresenta ambas as características, o sistema de recompensas é extremamente simples. Para além disso, este sistema só reconhece vogais e é para terapia da voz, não para terapia da fala.

É de referir ainda que, apesar de poucos, existem sistemas que requerem plataformas extras que não são muito conhecidas.

Já no que diz respeito à solução proposta, tal como o *Visual Speech sustained vowel game with adaptive difficulty*, a mesma contém ambos os sistemas e o seu sistema de recompensas é mais complexo, o qual se poderá verificar mais detalhadamente no Capítulo 3. Também esta solução é direccionada para a terapia da fala e não para a terapia da voz.

## PLATAFORMA DE JOGOS SÉRIOS PARA APOIO À TERAPIA DA FALA

Como já referido anteriormente, a solução proposta consiste numa plataforma de apoio à terapia da fala, que inclui uma aplicação para os terapeutas e uma aplicação para as crianças. A plataforma integra vários jogos para terapia da fala desenvolvidos no contexto do projeto BioVisualSpeech e inclui dois novos jogos também propostos nesta dissertação: o jogo dos pares e o jogo do labirinto. Estes dois jogos são direcionados para o treino das consoantes sibilantes e têm como objetivo auxiliar as crianças a ultrapassar as dificuldades sentidas na articulação destas consoantes.

A plataforma foi desenvolvida para dispositivos *Windows* e permite que as crianças treinem palavras com consoantes sibilantes em qualquer local, desde que tenham uma conexão à internet e um computador *Windows*. Os jogos propostos recorrem a classificadores automáticos de fala, o que permite que as crianças tenham a avaliação do seu desempenho em tempo real. Assim, podem treinar sem a presença de um profissional já que têm informação visual que lhes mostra se executaram o exercício correta ou incorretamente. Para além disso, os seus treinos são realizados segundo as parametrizações que o(a) terapeuta da criança definiu para a mesma. Esta solução destina-se a crianças com idades compreendidas entre os cinco e os nove anos, visto ter sido esta a faixa etária determinada pelos(as) terapeutas da fala que fazem parte da equipa do projeto *BioVisualSpeech*.

Neste capítulo discute-se todos os detalhes da aplicação, não só no que diz respeito às escolhas da arquitetura do jogo, mas também da sua plataforma. Este encontra-se dividido da seguinte forma:

**Secção 3.1** - Retrata o motivo das decisões tomadas a respeito do sistema operativo e do dispositivo escolhido para a plataforma .

**Secção 3.2** - Refere em que consiste e os pormenores sobre a **aplicação para o(a) terapeuta**, especificando a parametrização possível pelo mesmo.

**Secção 3.3** - Refere em que consiste e os pormenores sobre a **aplicação para as crianças**.

**Secção 3.4** - Descreve em que consiste o **jogo dos pares**, explicitando a avaliação visual e sonora presente no mesmo, tal como o seu sistema de dicas e os diferentes níveis de dificuldade existentes. Aborda ainda as informações extraídas do mesmo que se oferecerem aos(às) terapeutas.

**Secção 3.5** - Especifica em que consiste o **jogo do labirinto**, objetivando como se procede a avaliação visual e sonora existente no mesmo, tal como a dica existente. Expõe ainda as informações aferidas deste jogo que posteriormente serão mostradas aos(às) terapeutas.

**Secção 3.6** - Explicita o **sistema de recompensas** presente na aplicação com o intuito de motivar as crianças e como o mesmo pode alterar alguns aspetos na aplicação e no próprio jogo.

**Secção 3.7** - Enuncia a importância de um sistema com **adaptação dinâmica de dificuldade** e explicita como a mesma se encontra concretizada.

**Secção 3.8** - Explicitação da arquitetura do sistema.

**Secção 3.9** - Consiste na explicação de como os dados de áudio são processados.

**Secção 3.10** - Explica como funcionam os classificadores utilizados nos dois jogos desenvolvidos.

**Secção 3.11** - Explicita que outros jogos foram integrados na aplicação; como é que isso foi feito e que alterações se realizaram aos mesmos.

### 3.1 Detalhes Técnicos

A decisão de que sistema operativo e dispositivo se deveria usar para esta plataforma é algo importante visto que, dependendo do objetivo da mesma, alguns sistemas operativos e/ou dispositivos serão mais indicados que outros podendo mesmo vir a facilitar o treino da criança. Assim, para se tomar tal decisão devem-se avaliar as vantagens e desvantagens de cada sistema operativo bem como de cada dispositivo e verificar qual irá mais de encontro àquilo que se pretende. Tendo isto em mente e, devido não só aos elevados preços de certas marcas como também ao sistema operativo e dispositivo mais comum (mais comprado) em Portugal, entre outros fatores, podem-se restringir desde já as tecnologias a computadores e/ou dispositivos móveis *Windows* e *Android*. Isto porque se pretende que a maioria das crianças tenha acesso ao dispositivo com o sistema operativo que será utilizado para a solução proposta [44].

Comparando os dois dispositivos mais portáteis (dispositivos *Windows* e dispositivos *Android*), excluíram-se os dispositivos com o sistema operativo *Windows*. Tal deve-se ao facto de que, para dispositivos portáteis (telemóveis e tablets), entre os dois sistemas operacionais referidos, o mais comum em Portugal é o sistema operativo *Android* [42].

Como já foi previamente referido, escolheu-se realizar a solução proposta para computadores com o sistema operativo *Windows* em detrimento dos dispositivos com sistema

operativo *Android*, apesar de estes serem mais portáteis. Tal situação que permitiria às crianças treinarem em mais locais (o que é um dos intuitos desta aplicação). Contudo, de modo a se realizar o reconhecimento da fala verificando se a criança está a dizer corretamente a palavra e, em especial, a consoante sibilante, são necessários dois servidores diferentes. Devido a esta especificidade, a aplicação tornar-se-ia demasiado pesada para os dispositivos mais móveis ficando mais lenta, provocando assim, um atraso na avaliação visual, impedindo que as mesmas fossem oferecidas à criança mal esta realize o som pretendido. Tal atraso poderia confundir a criança. Assim, de modo a prestigiar o treino da criança, optou-se por um dispositivo ligeiramente mais restritivo no que diz respeito aos locais em que a criança possa treinar por o mesmo não ser tão móvel. No entanto, nele a criança poderia treinar sem qualquer dificuldade e/ou confusão devido à demora da resposta visual da aplicação. Para além disso, em Portugal também existe uma maior percentagem de computadores do que de telemóveis no mercado [16].

Decidiu-se realizar a solução proposta utilizando o *Unity* visto ser uma multiplataforma, permitindo assim, caso se pretenda e reutilizando todo o trabalho feito, que a solução proposta esteja disponível em outros sistemas operativos. Para além disso, o *Unity* é gratuito, bastante intuitivo e possui uma grande comunidade, sendo isso algo que facilita a retificação de alguns problemas que, eventualmente, pudessem surgir durante o desenvolvimento do sistema em questão.

Para a criação das personagens presentes no sistema de recompensas, utilizou-se a aplicação *VRoid Mobile*<sup>1</sup>. Tanto os sons como as restantes imagens presentes no sistema, que não são especificados no decorrer desta dissertação, mas que se utilizaram na aplicação foram obtidos através de sites que disponibilizam os mesmos sem custos<sup>2 3 4 5 6 7</sup>.

## 3.2 Aplicação do(a) Terapeuta

A aplicação do(a) terapeutas inclui a aplicação das crianças, que será discutida na secção 3.3, e a aplicação do(a) terapeuta, que iremos detalhar nesta secção. Nesta aplicação é possível registar novas crianças, gerir as mesmas, parametrizar os jogos de acordo com as necessidades de cada uma (secção 3.2.1) e consultar o progresso dos seus treinos.

As informações oferecidas ao(à) terapeuta sobre os treinos das crianças são essenciais, pois é através delas que o(a) terapeuta pode adaptar os seus treinos, o melhor possível. Para conseguir avaliar o progresso da criança com maior facilidade, é necessário que o(a) terapeuta tenha sempre acesso aos seus dados mais recentes. A importância dos dados mais antigos é minimizada, após os mesmos serem utilizados para a adaptação dos treinos

---

<sup>1</sup><https://vroid.com/en/>

<sup>2</sup><http://soundbible.com/>

<sup>3</sup><https://pt.audiomicro.com/>

<sup>4</sup><https://pt.pngtree.com/>

<sup>5</sup><https://br.freepik.com/>

<sup>6</sup><https://www.flaticon.com/>

<sup>7</sup><https://www.gratispng.com/>

devido a alterações das dificuldades/facilidades da criança. Assim, surge a necessidade de se realizar uma triagem desses dados. Para tal, sempre que num jogo existam vários níveis, ao ocorrerem alterações dos mesmos, as informações dos níveis anteriores serão eliminadas. As informações são extraídas na aplicação das crianças quando as mesmas efetuam os seus treinos e serão abordadas mais à frente nos respetivos jogos.

Ao entrar na aplicação do(a) terapeuta pela primeira vez, este(a) irá deparar-se com uma página onde lhe será pedido o seu endereço de email *Gmail* e a palavra-passe do mesmo, como podemos visualizar na Figura 3.1. No entanto, para ter acesso ao email nesta aplicação, terá de seguir as instruções oferecidas no manual de instruções da aplicação que se encontra no Anexo II. É ainda de referir que sempre que o(a) terapeuta entrar na aplicação irá receber uma notificação na página inicial a lembrá-lo de verificar o seu email, e, caso necessário, de atualizar a informação das suas crianças.



Figura 3.1: Página inicial do(a) terapeuta. (a) Página inicial da primeira vez que entra na aplicação. (b) Página inicial depois do endereço de email estar definido.

O acesso ao email do(a) terapeuta é algo essencial para este sistema, pois é através dele que se comunica com as aplicações das crianças. Assim, de modo a se enviar as parametrizações para as mesmas e para receber as informações dos treinos delas, é crucial ter-se acesso ao email do(a) terapeuta. Optou-se por transferir os dados entre as aplicações desta forma devido a diversos aspetos:

- Atualmente o mundo atravessa um período pandémico o que obriga a realização do máximo de coisas possíveis à distância, de modo a diminuir o contacto entre as pessoas. Portanto, é necessário uma forma de comunicação entre aplicações que não exija a presença dos(as) terapeutas e das crianças em simultâneo.
- Devido a esta pandemia, mesmo quando as sessões de terapia da fala ocorrem de forma presencial, os(as) terapeutas não podem tocar em nada que pertença à criança, sejam objetos ou mesmo na própria criança. Assim, mais uma vez, é imprescindível que a transferência de dados entre as aplicações seja automática.
- Hoje em dia, há imenso cuidado no que diz respeito a dados devido às políticas de privacidade existentes. Esta foi a principal razão por, apesar de se ter considerado a



hipótese de se guardar os dados num servidor, se ter optado pelo envio das informações por email. Uma vez que, desta forma, os dados das crianças estão guardados somente na aplicação e email, tanto da criança como do(a) sua terapeuta.

De modo a transferir-se toda a informação necessária por email, esses dados são gravados num ficheiro *json* e é este ficheiro que é enviado por email. Sempre que os dados em ambas as aplicações não se encontrem consistentes devido a alteração efetuadas, as aplicações enviam automaticamente, todas as semanas, um email com os dados atualizados. Para tal, os utilizadores terão sempre que entrar e sair corretamente da aplicação todas as sextas-feiras. Porém, visto que o(a) terapeuta pode sentir necessidade partilhar as alterações que efetuaram com as aplicações das crianças, antes da aplicação o realizar, podem escolher fazê-lo. Neste caso, assim que o email for enviado, o(a) terapeuta será avisada através de um aviso que irá aparecer no ecrã. De modo a se atualizarem as aplicações tendo em conta os dados do ficheiro *json*, os utilizadores das aplicações têm simplesmente que selecionar o ficheiro no local designado para tal (detalhes no anexo II).

Uma vez definido o email, o(a) terapeuta pode editar os seus dados de email e palavra-passe (botão da esquerda na Figura 3.1.b) e aceder à página das crianças. A página das crianças (Figura 3.2.a) consiste na página na qual o(a) terapeuta pode visualizar todas as crianças que registou na plataforma e adicionar novas crianças.

O(a) terapeuta pode individualmente para cada criança: alterar a sua parametrização; verificar as informações dos seus treinos; atualizar essas mesmas informações; remover uma criança, caso a mesma deixe de ser um paciente do(a) terapeuta; selecionar que criança quer que treine na sua aplicação para o caso de crianças que não tenham a aplicação ou, simplesmente, não tenham levado a mesma para a sessão de terapia.



Figura 3.2: Páginas das crianças. (a) Página para selecionar a criança. Esta página contém um ícone associado a cada criança registada. Os ícones mostram a personagem ou objeto selecionados pela criança. (b) Página para adicionar uma nova criança.

De modo ao(à) terapeuta adicionar uma nova criança terá de fornecer o nome, email, género e a idade da mesma, como se pode verificar na Figura 3.2.b. Dependendo do género da criança será atribuída uma de duas personagens iniciais (um rapaz ou uma rapariga *default*, que poderão ser alterados posteriormente).

### 3.2.1 Parametrização

Todas as crianças são diferentes tendo, deste modo, problemas diferentes e, mesmo no caso daquelas que possuem os mesmos problemas, as suas dificuldades e/ou facilidades podem ser distintas. Tal facto leva à necessidade de treinos específicos para cada uma delas. Assim, esta plataforma permite aos(as) terapeutas parametrizarem os treinos das crianças de modo a controlarem os mesmos com uma maior precisão.

Oferecem-se diversas parametrizações de modo a adaptar o melhor possível os treinos às crianças de forma a auxiliar as mesmas, permitindo-lhes ultrapassar com maior facilidade as suas dificuldades. Algumas dessas parametrizações foram escolhidas tendo em conta o que os(as) terapeutas referiram ser importante nas reuniões efetuadas antes do desenvolvimento desta plataforma.

A parametrização permite ao(a) terapeuta selecionar diversas características do treino da criança (Figura 3.3). A primeira escolha que o(a) terapeuta tem que efetuar é o tipo de treino que a criança necessita, mediante os seus problemas específicos.

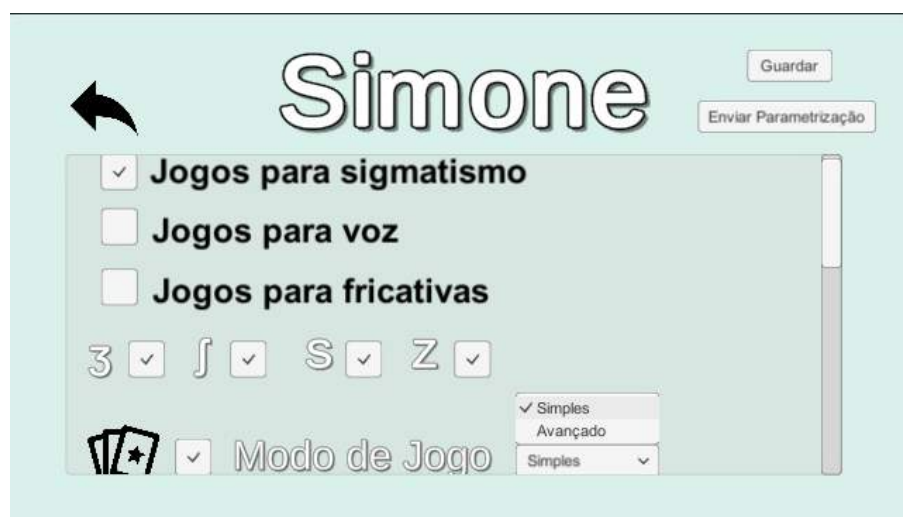


Figura 3.3: Página de parametrização

No caso do(a) terapeuta escolher os jogos para sigmatismo, irão surgir várias parametrizações possíveis:

- O(a) terapeuta poderá escolher as consoantes sibilantes que pretenda que apareçam durante os jogos.
- O(a) terapeuta poderá escolher os jogos que estarão visíveis para as crianças.

No caso do jogo dos pares, que é um dos jogos também propostos nesta dissertação, o(a) terapeuta poderá customizar os seguintes aspetos:

- O modo de jogo, podendo este ser o das crianças mais novas ou o das mais velhas. Esta escolha irá influenciar as possíveis opções dos níveis de dificuldade (três níveis distintos para as crianças mais novas e cinco para as mais velhas).

- A dificuldade dos jogos, podendo esta ser automática ou manual. No caso de selecionarem a manual, terão ainda de escolher o nível. Neste caso, as crianças irão jogar sempre o nível selecionado até que este seja alterado novamente nas parametrizações ou posto em automático.

No caso do tipo de jogo escolhido pelo(a) terapeuta ser um dos outros, tal como ocorre nos jogos para sigmatismo, os terapeutas podem seleccionar que jogos estão visíveis para as crianças. No caso desses jogos, como acontece no jogo dos pares, possuem parametrizações específicas, as mesmas serão igualmente oferecidas aos(às) terapeutas.

### 3.3 Aplicação da Criança

A aplicação das crianças (Figura 3.4) dá acesso a vários jogos para terapia da fala (secção 3.11), incluindo o jogo dos pares e o jogo do labirinto, que serão discutidos em detalhe nas secções 3.4 e 3.5. Todos os jogos presentes nesta aplicação utilizam exercícios de terapia já existentes e, por vezes, utilizados durante as sessões de terapia da fala. Desta forma, a maior parte dos jogos, é controlada, principalmente, através da voz da criança.

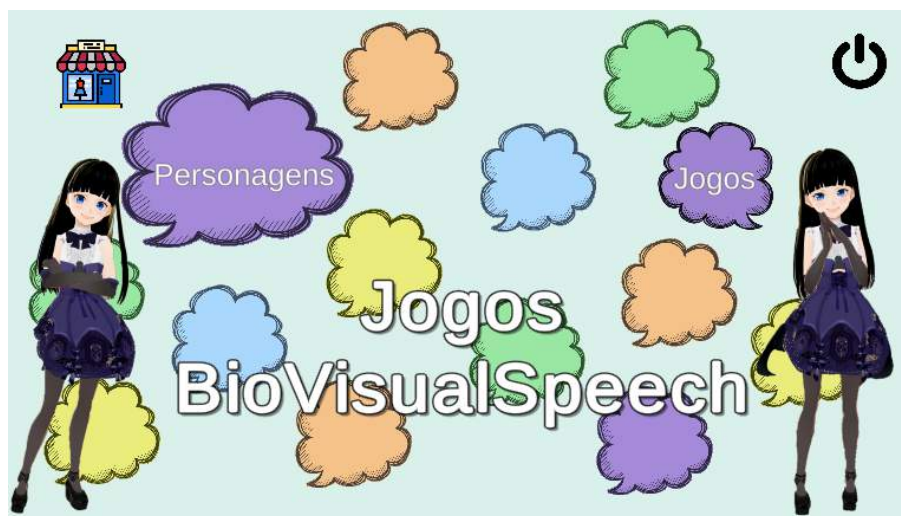


Figura 3.4: Página geral da aplicação das crianças

É a voz da criança que lhe permite progredir nos jogos. Uma vez que, necessitam de efetuar os exercícios de terapia da fala corretamente, pois essa correção é necessária para avançarem nos jogos. Por conseguinte, na maioria dos jogos, as crianças utilizam o teclado ou o rato, simplesmente como uma ferramenta complementar à sua voz para controlarem certos aspetos dos jogos. Para que as crianças consigam realizar os exercícios de terapia e, assim, progredir, é de extrema importância que as mesmas consigam perceber o seu desempenho, ou seja, se estão ou não a executar corretamente os exercícios de terapia. Deste modo, sempre que a criança realiza alguma coisa durante os jogos, será-lhe oferecido um *feedback*, podendo este ser visual, sonoro, ou ambos ao mesmo tempo.

Outro pormenor importante de referir no que diz respeito aos dois jogos desenvolvidos, é que, em ambos os jogos está sempre presente as instruções dos mesmos. Assim, caso a criança necessite, pode sempre voltar a ler as mesmas. Contudo, pode haver crianças que ainda não saibam ler. Perante tal situação, oferece-se ainda a possibilidade das crianças ouvirem as instruções. Este pormenor foi algo sugerido pelos(as) terapeutas visto que, a seu ver, era algo importante e que poderia auxiliar as crianças.

Para além de vários e diferentes jogos, esta aplicação inclui ainda diversas funcionalidades e elementos, desenvolvidos com o intuito de oferecer motivação adicional à criança. Essa motivação é algo essencial para que a criança repita os exercícios. Neste sentido estaremos a auxiliar as crianças a realizar os mesmos diversas vezes, pois, só assim é que conseguem melhorar/ultrapassar as suas dificuldades e/ou superar os seus problemas.

Algumas dessas funcionalidades consistem no sistema de recompensas, que se irá discutir na secção 3.6 e numa imagem (Figura 3.5) que surge antes e após o jogo dos pares. Esta imagem foi criada propositadamente para esta funcionalidade pela aluna Catarina Santos que se encontra a realizar uma pós-graduação de *web design* na IADE (Faculdade de Design, Tecnologia e Comunicação). A imagem tem como objetivo ir-se desvendando à medida que o boneco a vá percorrendo até chegar ao final onde encontra o seu filho que, inicialmente, está oculto. Para se verificarem alterações na imagem, as crianças necessitam de realizar jogos deste género (jogo dos pares) de uma forma completa e correta.

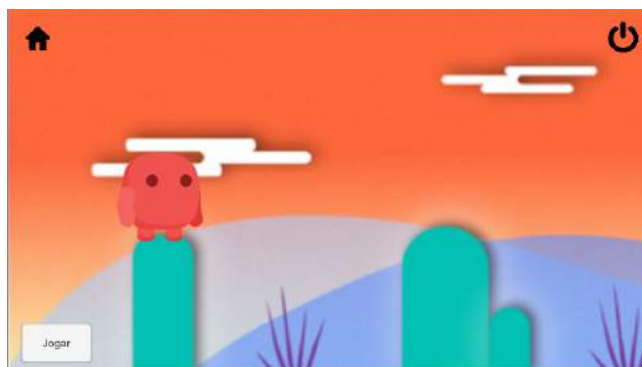


Figura 3.5: Mapa do jogo dos pares

Ao se pensar na motivação da criança, tem sempre de se ter em conta o facto de que ao enfrentarem dificuldades, as mesmas têm a tendência de desmotivar. Neste sentido, esta aplicação possui ainda um sistema de dicas de modo a auxiliar as crianças a ultrapassar as suas dificuldades. De igual forma, possui um sistema de adaptação dinâmica de dificuldade de modo a adequar o nível em que a criança se encontra, tendo em conta o seu desempenho. Ambos os sistemas serão abordados, respetivamente, nas secções 3.4.3 e 3.7.

Outro aspeto a se ter em consideração, é a possibilidade das crianças se aborrecerem ou perderem o interesse nos exercícios, sendo este um grande obstáculo para a realização de exercícios de terapia. Assim, de modo a quebrar a monotonia das crianças, para que

as mesmas não desmotivem, para além de existirem diversos jogos nesta aplicação, o jogo dos pares possui ainda vários níveis (secção 3.4.2).

Após ter acesso à aplicação, na página geral da mesma, a criança terá acesso aos diversos jogos e ao sistema de recompensas. Pode ainda ser visualizado um botão que serve para guardar o progresso da criança e sair da aplicação. Quando a criança seleciona o botão dos jogos, irá para uma nova página, na qual aparecerão todos os jogos aos quais tem a possibilidade de aceder. Nessa página a criança pode selecionar o jogo que pretende jogar.

### 3.4 Jogo dos Pares

O jogo dos pares é um dos jogos propostos nesta dissertação. Este jogo é baseado no conhecido jogo de cartas dos pares, ou jogo da memória, com algumas alterações para integrar exercícios de terapia da fala. O jogo integra quatro exercícios de terapia distintos:

- Produção de palavras com sibilantes.
- Identificação e produção de consoantes sibilantes.
- Pares mínimos.
- Reconhecer e distinguir as consoantes sibilantes.

Para os exercícios de terapia que possuem a produção de palavras com as consoantes sibilantes, as mesmas podem-se situar em qualquer lugar da palavra. Porém, numa fase inicial é comum escolherem-se palavras em que só pode existir uma ocorrência de consoante sibilante na mesma palavra. O jogo dos pares está preparado para treinar a produção de palavras com apenas uma ocorrência de consoante sibilante. Na versão atual, o jogo usa palavras que começam com uma consoante sibilante, mas este conjunto de palavras pode ser alterado para incluir outras palavras com uma ocorrência de sibilante noutros locais da palavra.

Neste jogo são inicialmente apresentadas dez cartas viradas para baixo (Figura 3.6.a). Em cada jogada escolhem-se duas cartas (com o rato). Se as cartas selecionadas não formam um par, estas voltam a virar-se para baixo automaticamente (Figura 3.6.c). O objetivo do jogo é formar cinco pares de cartas. Quando a criança encontra duas cartas que formam um par, para finalizar o mesmo, tem de realizar corretamente um exercício de terapia da fala, tal como será descrito mais abaixo.

#### Modos e níveis de dificuldade

Este jogo contém dois modos distintos: o **modo simples**, direcionado para crianças mais novas (Figura 3.6), e o **modo avançado**, direcionado para crianças mais velhas. Apesar de cada um dos modos ser direcionado para uma faixa etária distinta, dependendo das dificuldades da criança, o modo simples também pode ser usado com crianças mais velhas.

Se o(a) terapeuta considerar adequado, o modo avançado também pode ser usado com crianças mais novas.

O **modo simples** tem três níveis e usa exercícios que envolvem produção de palavras com sibilantes e pares mínimos. Neste modo, os pares são formados por cartas iguais ou cartas com pares mínimos. Todos os níveis serão explicados detalhadamente na secção 3.4.2. Porém, todos estes níveis se baseiam na seleção do par de cartas correto por parte da criança e, em a mesma proferir o solicitado. Deste modo, quando as cartas escolhidas pela criança formam um par, as mesmas permanecerão voltadas para cima com uma cor distinta da cor padrão até que a criança finalize o par. Para tal, a mesma tem de dizer que imagem está nas cartas proferindo a consoante sibilante inicial de forma ligeiramente prolongada. É de se referir que, para a criança conseguir finalizar um par de cartas, a mesma terá de:

- Proferir a palavra correta.
- Produzir a consoante sibilante pretendida, de forma correta.

Neste caso, o par permanece virado para cima e a criança pode continuar a jogar escolhendo outras duas cartas. A Figura 3.6.b mostra um exemplo em que a criança já ganhou o par *som* e selecionou o par *chupa* - o fundo azul mostra quais são as cartas selecionadas nesta jogada. Para determinar se a criança proferiu a palavra correta, o jogo usa um sistema de reconhecimento automático de palavras. Para verificar se a criança produziu a sibilante inicial corretamente, o jogo usa um sistema de classificação de sibilantes. Na secção 3.10 serão dados mais detalhes sobre estes sistemas de classificação automática.

O **modo avançado** tem cinco níveis e usa os seguintes exercícios de terapia da fala:

- Identificação e produção de consoantes sibilantes.
- Pares mínimos.
- Reconhecer e distinguir as consoantes sibilantes.

Neste modo, os pares são formados por cartas: com a consoante sibilante igual; com pares mínimos; com sons iguais. Tal como ocorre no modo simples, todos os níveis serão explicados detalhadamente na secção 3.4.2. Quando as cartas escolhidas pela criança formam um par, dependendo do nível:

- As cartas permanecerão voltadas para cima até que a criança diga a consoante sibilante presente nas cartas, de forma ligeiramente prolongada, ou a imagem presente nas mesmas prolongando ligeiramente a sua consoante sibilante.
- As cartas serão consideradas como o par correto voltando à cor padrão sem as crianças terem de proferir nada.

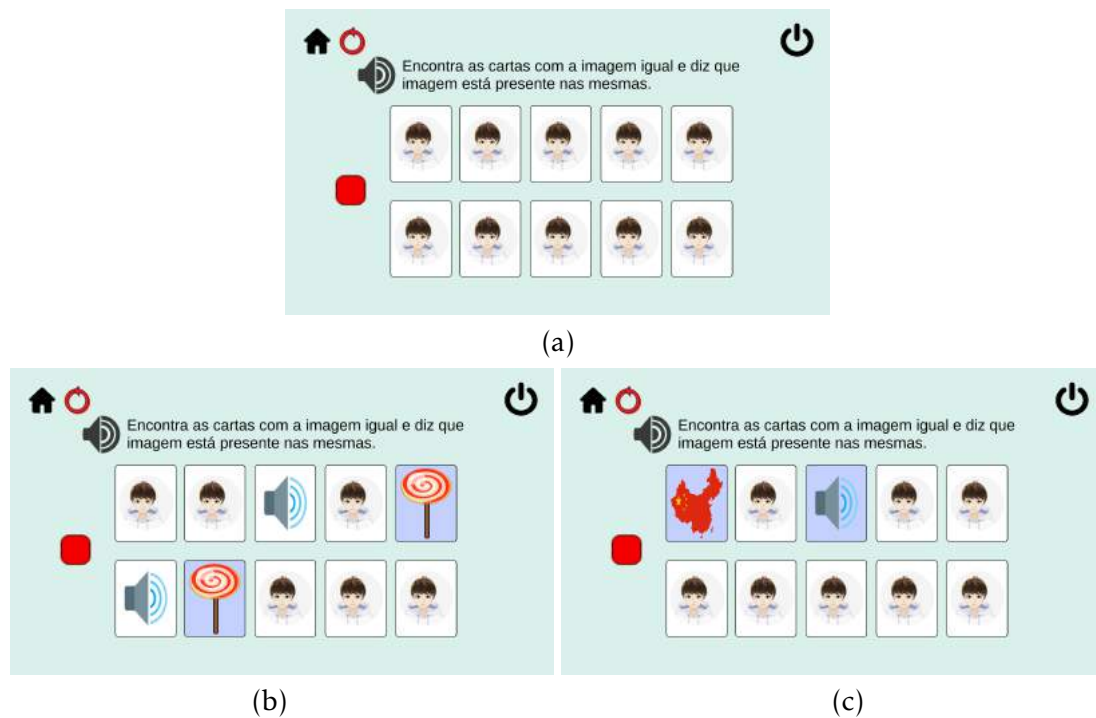


Figura 3.6: Jogo dos pares no modo simples. (a) Configuração inicial. As cartas estão viradas para baixo. (b) Um par completo (*som*) e outro selecionado (*chupa*). O par selecionado está à espera que a criança o finalize efetuando o exercício de terapia corretamente. (c) As duas cartas selecionadas (*China* e *som*) não formam um par. Após esta seleção as cartas viram-se para baixo automaticamente.

No caso em que não basta as crianças selecionarem o par correto, para as mesmas conseguirem finalizar um par de cartas, semelhante ao que se sucede no outro modo de jogo, terão de:

- Proferir a palavra correta (quando necessário).
- Produzir a consoante sibilante pretendida, de forma correta.

Neste caso, o par permanece virado para cima e a criança pode continuar a jogar escolhendo outras duas cartas.

Como já foi referido, existirão diferentes níveis de dificuldade e a possibilidade de, se os(as) terapeutas assim o entenderem, utilizarem o sistema de adaptação dinâmica da dificuldade (DDA). O sistema de adaptação de dificuldade será abordado na secção 3.7 e, como já explicito, os níveis de dificuldade serão detalhados na secção 3.4.2

#### **Feedback sonoro e visual**

Como foi referido anteriormente, na aplicação das crianças (secção 3.3), existe sempre *feedback* para qualquer ação efetuada pelas crianças. Este será dividido em dois tipos de *feedback* distintos, o sonoro e o visual.



**Feedback sonoro** – Sempre que a criança completa um par, a mesma ouve um som de vitória. O mesmo sucede quando a criança termina o jogo, apesar do som de vitória ser distinto. Já quando a criança erra na seleção do par, o *feedback* a demonstrar que o mesmo se encontra errado, para além de um *feedback* visual, é um efeito sonoro que permite ter perceção de que errou.

**Feedback visual** – Quando as crianças seleccionam uma carta, a mesma muda de cor de modo a distinguir as mesmas das restantes cartas. Após a seleção correta do par, até o som ou a palavra em comum do par de cartas seleccionadas ser dito, este permanecerá virado para cima com a cor distinta dos pares encontrados anteriormente. Enquanto se espera que as crianças digam a palavra ou o som em comum entre as cartas, se elas seleccionarem outras cartas a sua seleção será ignorada. Sempre que a criança finaliza um par, as cartas seleccionadas voltam à cor padrão e será permitido às crianças seleccionarem outras cartas, como conseguimos observar na Figura 3.6. Quando a criança erra ao proferir o necessário para a realização de um par, aparece um aviso a dizer "Tenta Novamente!". Já quando erra na seleção do par, para além do *feedback* sonoro já referido, de modo a demonstrar que o par selecionado se encontra errado, as cartas seleccionadas voltam a ficar viradas para baixo. Após a criança completar o jogo com sucesso, irá ocorrer uma pequena animação de moedas a cair no ecrã para que a mesma perceba que recebeu moedas.

### Sistema de dicas

Em qualquer um dos modos presentes neste jogo, existe um sistema de dicas. Estas dicas baseiam-se sobretudo em *feedbacks* visuais, porém, também existe um sonoro para o modo simples. Este sistema de dicas pode ser verificado na Figura 3.12, desde o momento em que a criança escolhe o par correto até à altura em que a mesma pode voltar a seleccionar as cartas ainda em jogo, que será explícito na secção 3.4.3. Podemos ainda verificar o esquema deste jogo na Figura 3.7.

### Mecanismo de serialização

É ainda imprescindível referir que o jogo usa um mecanismo de serialização para guardar o **estado do jogo**, isto é, se a criança começar um jogo e por algum motivo tiver que o interromper a meio, quando voltar ao jogo pode retomar o mesmo a partir do ponto em que ficou. Este é um aspeto muito útil, segundo os(as) terapeutas, pois durante uma sessão o tempo é limitado não permitindo, por vezes, a execução total de alguns exercícios que seriam úteis às crianças acabarem. Assim, é importante não ter de realizar novamente o jogo todo desde o início, visto que as crianças podem achar aborrecido refazer algo que já fizeram anteriormente.

#### 3.4.1 Informações

Como explícito na secção 3.2, os(as) terapeutas têm acesso a diversas informações específicas de cada jogo. As deste jogo nem sempre são iguais, uma vez que, o nível em que a



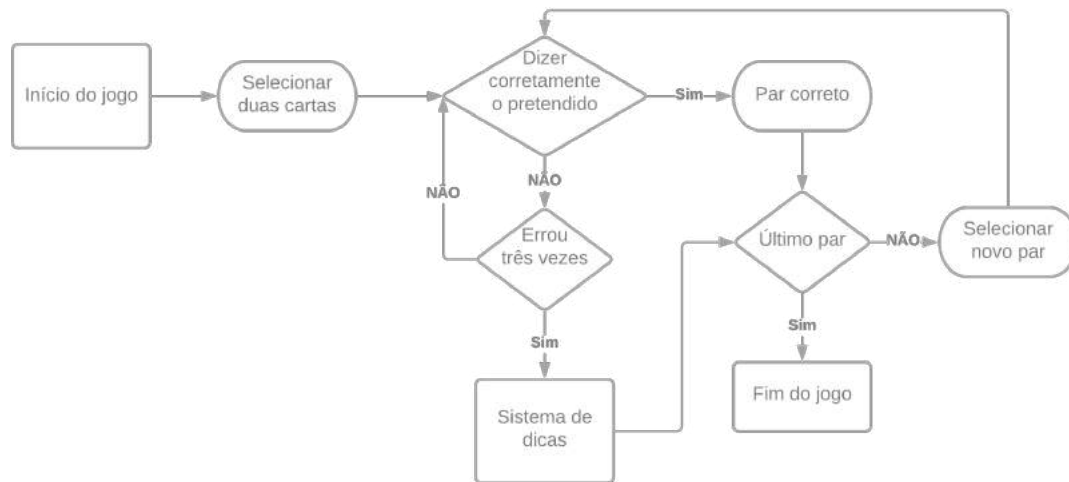


Figura 3.7: Fluxograma do jogo dos pares

criança se encontra irá condicionar o tipo de informação oferecida ao terapeuta. Assim, as informações que se conseguem extrair dos níveis em que as crianças necessitam de proferir algo, são distintas daquelas em que tal não é requerido.

Algumas das informações disponíveis para os(as) terapeutas em diversos dos níveis deste jogo foram sugestões por parte dos(as) mesmos(as) durante as reuniões iniciais. Assim, nos níveis em que as crianças necessitam de proferir algo de modo a finalizar o par oferecem-se as seguintes informações:

- Percentagem de jogos ganhos.
- Percentagem de correção de cada sibilante, ou seja, aparece a percentagem de quantas vezes a criança disse corretamente a sibilante.
- Grafo com o desempenho da criança para cada uma das sibilantes quer a nível local, quer a nível vocal.

Já para os níveis em que as crianças não têm a necessidade de proferir nada, as informações mostradas são as que se seguem:

- Número médio de pares efetuados pela criança para completar um jogo.
- Tempo médio necessário para a criança completar um jogo.

### 3.4.2 Níveis de Dificuldade

Este jogo compreenderá cinco níveis de dificuldade distintos. Estes, em alguns casos, poderão modificar ligeiramente o jogo em questão.

Apesar da existência de cinco níveis distintos, nem todos os modos de jogo os possuem. O modo simples contém apenas os primeiros três níveis existentes, ao contrário do modo

avanzado, que tem uma maior variedade de níveis, abrangendo os cinco níveis existentes. Apesar dos três primeiros níveis serem comuns nos dois modos de jogo, os mesmos não são iguais, pois embora a sua jogabilidade seja semelhante, existem algumas diferenças entre ambos. Essas diferenças bem como os detalhes de cada nível podem ser observados de seguida, nesta secção.

Antes de se abordarem os detalhes dos níveis, é imprescindível mencionar que todos eles foram definidos após se ter consultado os(as) terapeutas. Alguns dos níveis foram, inclusivé, propostos pelos(as) mesmos(as).

#### **Nível um - nível das palavras básicas**

Todas as imagens presentes nas cartas que aparecem neste nível são palavras simples e comuns, isto é, palavras com que as crianças estão familiarizadas e cuja formação gráfica é sempre consoante-vogal, como ocorre no caso de *casaco*. Este nível pode ser visualizado na Figura 3.8.

Sendo o primeiro nível, este, é um dos níveis que pode ser jogado tanto no nível simples como no avanzado. De modo à criança efetuar um par de cartas correto, primeiro terá de seleccionar o par certo tendo em conta o modo de jogo em que se encontra; de seguida, terá de proferir o suposto em cada um dos modos. Visto existirem diferenças na seleção dos pares e no que as crianças têm de dizer para que os mesmos sejam considerados corretos, é evidente que essas mudanças afetam o exercício efetuado neste nível em cada modo. Assim, os exercícios efetuados dependendo do modo em que se joga este nível são os seguintes:

- Produção de Palavras com Sibilantes, quando o modo de jogo corrente é o modo simples.
- Identificação e Produção de Consoantes Sibilantes, quando o modo de jogo corrente é o modo avanzado.

Como já foi referido, a seleção do par de cartas certo também difere. Essa diferença resume-se ao facto de que no modo simples as crianças têm de escolher as duas cartas que têm a mesma imagem, enquanto que no modo avanzado têm de seleccionar as cartas cujas imagens possuem a consoante sibilante igual.

Após a seleção dum par certo, de modo a concluírem o mesmo, mais uma vez dependendo do modo de jogo, as crianças têm de proferir:

- Que palavra a imagem da carta representa prolongando ligeiramente a consoante sibilante da mesma, caso se encontrem no modo simples.
- A consoante sibilante em comum entre as palavras que as imagens presentes nas cartas representam, prolongando ligeiramente o mesmo, caso estejam a jogar no modo avanzado.

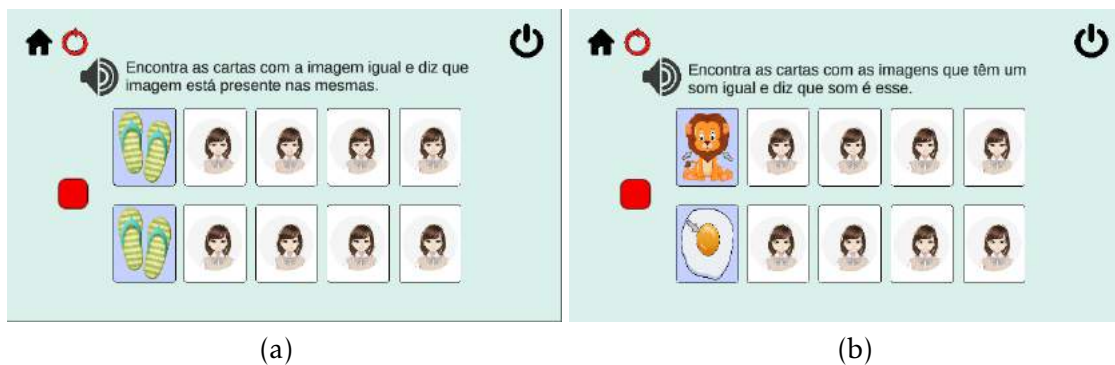


Figura 3.8: Nível das palavras básicas. Neste nível a constituição das palavras respeita sempre o padrão consoante-vogal. (a) Mostra o nível das palavras básicas para o modo simples. Nesta imagem podemos ver que o par *chinelos* se encontra selecionado pela criança. (b) Exibe o nível das palavras básicas para o modo avançado. A imagem mostra o par *juba* – *gema* selecionado pela criança.

#### Nível dois – nível das palavras complexas

Este nível é muito idêntico ao anterior. Sendo que a única diferença assenta nas imagens presentes no mesmo. Neste nível, já aparecem imagens cujas palavras podem não ser comuns nem simples para as crianças, ou seja, palavras cuja composição não é sempre consoante-vogal. Deste modo, já podem aparecer palavras com duas consoantes juntas ou palavras que as crianças não ouçam com regularidade. Uma palavra que já poderia aparecer neste nível, seria, por exemplo, *fascinante*. Este nível pode ser visualizado na Figura 3.9.

Este nível também é usado tanto no modo simples como no modo avançado. Visto a jogabilidade deste nível ser igual à do anterior, mantêm-se todas as diferenças entre os mesmos.

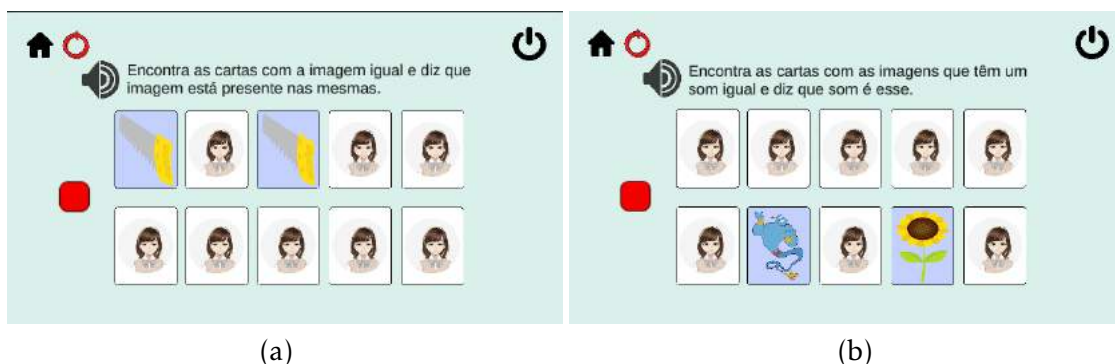


Figura 3.9: Nível dos pares das palavras complexas. Neste nível a constituição das palavras já não tem de respeitar nenhum padrão, sendo assim, as palavras mais complexas. (a) Mostra o nível das palavras complexas para o modo simples. Nesta imagem podemos visualizar que o par *serrote* é o selecionado. (b) Exibe o nível das palavras complexas para o modo avançado. Esta imagem mostra-nos que o par selecionado é composto pela carta *génio* e *girassol*.

### Nível três – nível dos pares mínimos

O terceiro nível usa dois exercícios distintos, sendo eles:

- Pares Mínimos.
- Produção de Palavras com Sibilantes.

Apesar deste nível estar presente em ambos os modos de jogos, não é influenciado pelos mesmos. Isto é, jogue-se este nível no modo de jogo que se jogar, não existe qualquer alteração no mesmo.

Neste nível, os pares presentes são formados por cartas cujas imagens representam pares mínimos. Nem todas as imagens presentes neste nível contêm uma consoante sibilante. No entanto, em todos os pares pelo menos uma das palavras contém a consoante sibilante no início da palavra.

De modo a selecionar um par certo, neste nível a criança terá de escolher as cartas cujas palavras se diferenciam num só fonema. De seguida, terá de proferir as palavras presentes nas duas cartas prolongando ligeiramente a consoante sibilante da palavra, caso a mesma exista.

Visto neste nível as crianças terem a necessidade de proferir duas palavras distintas, existe a necessidade de ficar mais claro para as mesmas que já conseguiram dizer uma das palavras corretamente. Assim, quando o fazem, ouvem o som da vitória e a carta correspondente à palavra correta fica com a cor padrão. Após esta alteração, as crianças sabem que só têm de dizer a palavra da imagem presente na outra carta (a que ainda se encontra com o fundo azul). Este nível pode ser visualizado na Figura 3.10.

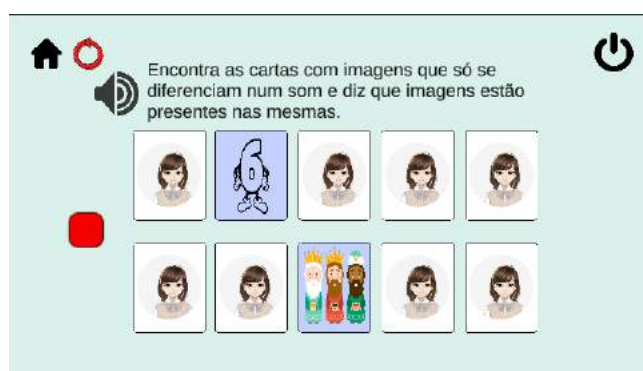


Figura 3.10: Nível dos pares mínimos – Comum a ambos os modos de jogo. Nesta imagem podemos ver que o par selecionado pela criança é constituído pela carta *seis* e a carta *reis*.

### Nível quatro – nível sonoro básico

Este nível usa o exercício "Reconhecer e Distinguir as Consoantes Sibilantes". Neste caso, o jogo já será um pouco diferente devido à jogabilidade distinta em relação aos anteriores.

As grandes diferenças da jogabilidade deste nível para os anteriores são as seguintes:

- As crianças não necessitam de proferir nada, de modo a um par ser classificado como correto.
- As crianças ao selecionarem uma carta, a mesma mudará de cor mostrando que se encontra selecionada; no entanto, em vez de se virar para cima mostrando a imagem que contém, irá simplesmente emitir um som que corresponde a uma palavra que, como nos níveis anteriores, contém uma consoante sibilante no início.

Desta forma, de modo a realizarem um par correto, neste nível, as crianças terão apenas de encontrar o par de cartas que contenha o mesmo som. Assim, não há a necessidade de proferir nada para que o par de cartas seja considerado correto, ao contrário do que sucedia nos níveis anteriores. Este som poderá ser ouvido repetidamente ao carregar-se novamente na carta já selecionada. De modo à criança conseguir distinguir os pares já encontrados dos que estão por encontrar, quando um par está correto o mesmo irá assumir uma outra cor, distinta tanto da cor padrão como da cor das cartas aquando selecionadas. Este nível bem como as diferentes cores de fundo das cartas podem ser observadas na Figura 3.11.

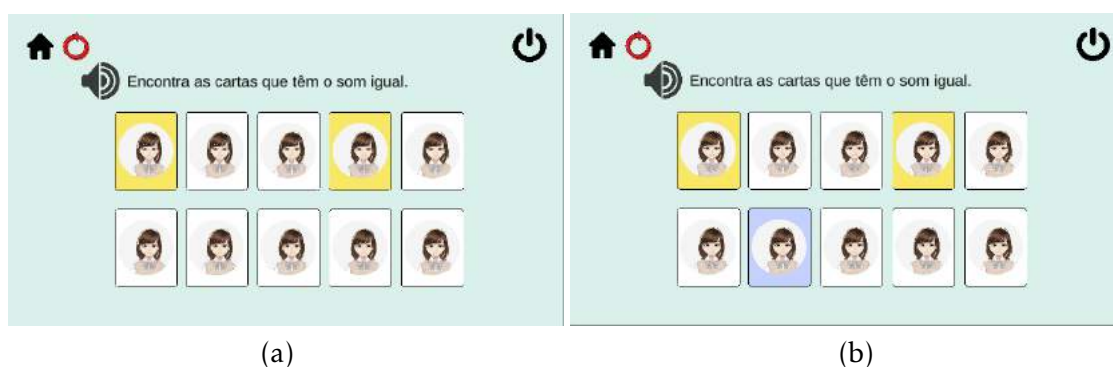


Figura 3.11: Níveis dos pares sonoros. (a) Aspeto de um par correto nos dois últimos níveis (cor de fundo amarela). (b) Carta selecionada nos dois últimos níveis (cor de fundo azul).

#### Nível cinco – nível sonoro avançado

O quinto e último nível de dificuldade usa o exercício "Reconhecer e Distinguir as Consoantes Sibilantes". Este nível é idêntico ao quarto nível, sendo a única diferença, a introdução da variação de frequência e/ou intensidade. Ou seja, neste nível, pode existir o mesmo som em pares distintos mas com frequência e/ou intensidade diferentes. Assim, de modo a formar um par, as crianças têm de selecionar o som igual e, no caso de o mesmo ser apresentado com frequências e/ou intensidades diferentes, terão de escolher as cartas com o mesmo som, a mesma frequência e/ou a mesma intensidade.

#### Avaliação automática das produções de fala

Alguns destes exercícios serão corrigidos num único classificador, como ocorre nas

outras aplicações deste género. Porém, a maior parte dos exercícios são considerados corretos ou incorretos tendo em conta a resposta de dois classificadores distintos.

Todos os exercícios em que a criança tem de proferir uma palavra, utilizam dois classificadores: o classificador do sistema de reconhecimento automático de palavras e o classificador do sistema de classificação de sibilantes. Já nos exercícios onde as crianças só necessitam de proferir a consoante sibilante, só se utiliza o sistema de classificação de sibilantes.

A utilização de dois classificadores diferentes é feita em prol de uma melhor avaliação das palavras proferidas pelas crianças mais novas. É importante referir-se que, quando as crianças dizem a palavra presente nas imagens mas a mesma não contém uma consoante sibilante no início, como é óbvio, a gravação da mesma não irá para o sistema de reconhecimento automático de palavras, passando somente pelo sistema de classificação de sibilantes.

Ambos os classificadores utilizados para a avaliação automática das produções de fala estão a correr em dois servidores distintos. Na secção 3.10 abordam-se detalhadamente os mesmos.

### 3.4.3 Sistema de Dicas

O sistema de dicas presente no jogo tem como intuito auxiliar crianças que se encontrem com dificuldades em realizar o que lhes é pedido, sem lhes oferecer imediatamente a resposta. Assim, obriga-as a pensar no que fizeram e no que lhes é pedido. Desta forma, este sistema só entra em vigor no caso de a criança não dizer o que é suposto diversas vezes. O esquema deste sistema de dicas encontra-se presente na Figura 3.12. É ainda imperativo ter-se em mente que este sistema de dicas apenas ocorrerá durante os três primeiros níveis. Sendo que, no nível dos pares mínimos, a última pista será distinta da dos níveis anteriores. Tal como sucedeu nos diferentes níveis deste jogo, estas dicas também tiveram a aprovação por parte dos(as) terapeutas.

Após a criança realizar diversas tentativas, sem sucesso, para dizer corretamente o que lhe é pedido, será fornecida uma pista para a ajudar; esta primeira dica consistirá no estremecer das cartas seleccionadas. Se após algumas tentativas a criança continuar com dificuldades, fornecer-se-á uma outra pista diferente da primeira. Esta segunda dica consiste em aumentar o tamanho (*zoom*) do par que está seleccionado, ficando somente essas duas cartas no plano principal (Figura 3.13).

Caso, ainda assim, a criança esteja com dificuldade em dizer o esperado, no caso dos dois primeiros níveis, aparecerá um apoio visual mais direto daquilo que ela necessita de dizer: no caso do modo avançado irá aparecer uma imagem que contém lábios a exemplificar o movimento que as crianças necessitam de fazer, de modo a realizar o som pretendido; para o modo simples, as mesmas irão ouvir a palavra da imagem presente nas cartas de forma lenta e de fonema em fonema, enquanto aparece a imagem dos lábios correspondente a cada um dos fonemas. O modo simples inclui um botão que permite às

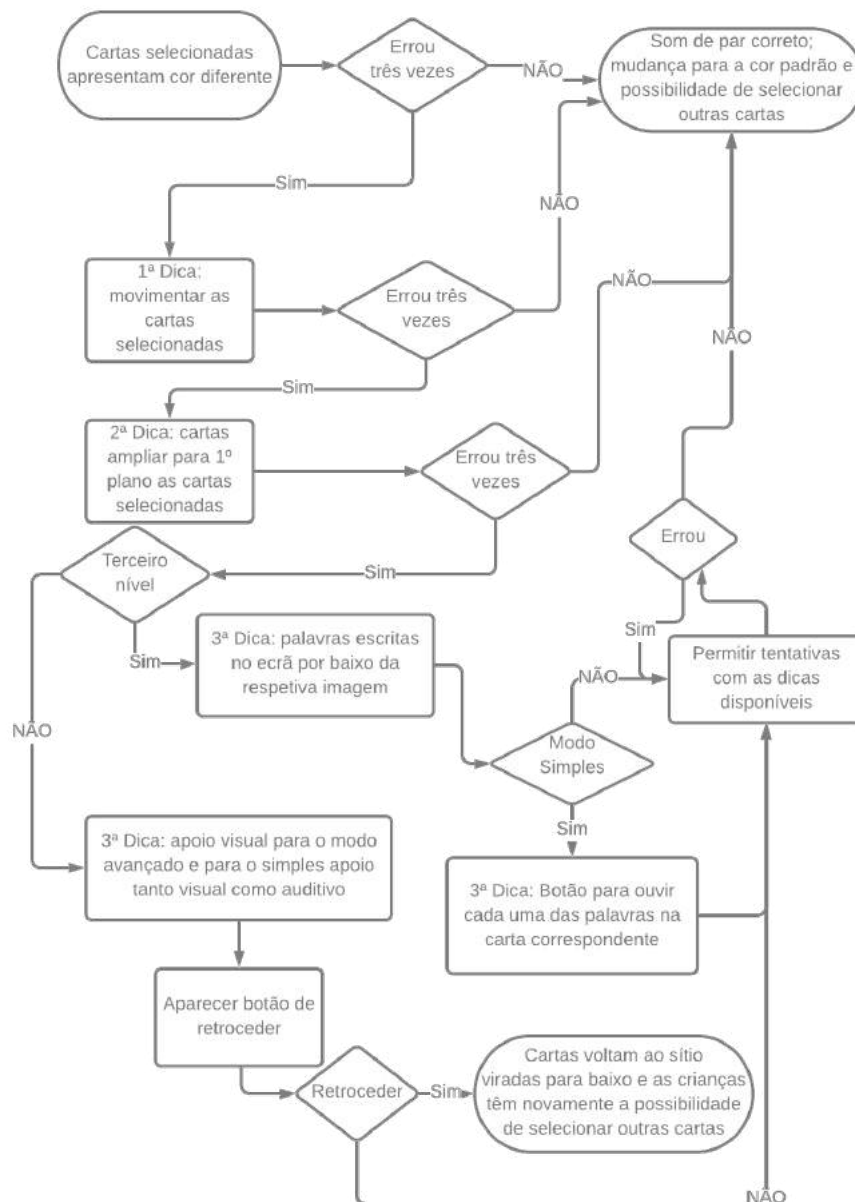


Figura 3.12: Representação gráfica do sistema de dicas

crianças ouvirem novamente a palavra de fonema em fonema as vezes que necessitarem (Figura 3.14). O apoio visual oferecido nesta terceira dica, foi obtido através de um site de materiais para terapia da fala <sup>8</sup>. Em ambos os modos, a imagem dos lábios (terceira dica) permanecerá sempre visível ao lado das cartas selecionadas que se encontram em primeiro plano. E, nessa mesma dica, surgirá ainda uma seta de retrocesso que permitirá às crianças escolher um par distinto no caso de não estarem a conseguir dizer a palavra corretamente e optarem por tentar dizer outra palavra.

No caso do nível dos pares mínimos, apesar de na terceira dica também aparecer um

<sup>8</sup>[www.metododasboquinhas.com.br](http://www.metododasboquinhas.com.br)





Figura 3.13: Segunda dica oferecida



Figura 3.14: Terceira dica oferecida nos primeiros dois níveis

apoio visual mais direto sobre o que a criança necessita de dizer, esta será um pouco distinta das dos restantes níveis. Além disso, também existe uma pequena diferença entre o modo simples e o avançado. Assim, em ambos os modos, por baixo de cada uma das cartas selecionadas e ampliadas, aparecerá escrita a palavra presente na imagem de cada uma das cartas. Tal como nos níveis anteriores, surgirá uma seta para retroceder no canto superior esquerdo, que permitirá às crianças encontrar um par distinto do selecionado, voltando as cartas selecionadas para o seu devido lugar viradas para baixo (Figura 3.15). Em adição às funcionalidades em comum aos dois modos, no caso de o jogo se encontrar no modo simples, de forma idêntica ao que sucedia nos restantes níveis, irá ainda aparecer um botão em cada uma das cartas que permite ouvir a palavra correspondente à carta.



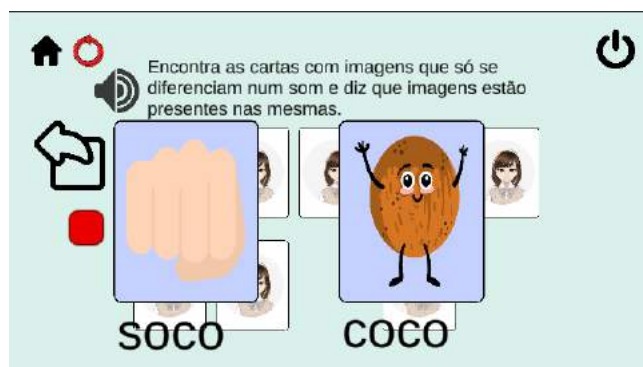


Figura 3.15: Terceira dica oferecida no nível dos pares mínimos no modo avançado

### 3.5 Jogo do Labirinto

Tal como já se referiu anteriormente, juntamente com o jogo dos pares, o jogo do labirinto foi um dos jogos desenvolvidos nesta dissertação (Figura 3.16). Apesar de qualquer criança poder jogar este jogo, o mesmo foi desenvolvido a pensar nas crianças mais velhas devido à sua mecânica 3D e ao seu design. O esquema deste jogo encontra-se representado na Figura 3.17.



Figura 3.16: Jogo do labirinto

Este jogo é baseado no conhecido jogo do labirinto, no entanto, tal como sucede com o jogo dos pares, é controlado principalmente pelas produções de voz da criança de modo a integrar exercícios de terapia da fala. Neste caso em concreto, esse exercício é o de produção de palavras com sibilantes.

Tal como o jogo original, o objetivo principal deste jogo é a criança descobrir e percorrer o caminho que a leva ao seu final, o qual é representado por um baú de moedas. Para as crianças percorrerem o labirinto têm de utilizar as teclas das setas presente no teclado. Contudo, poderão também usar o rato de modo a direcionar a câmara.

Para finalizar o jogo não basta as crianças encontrarem o tesouro, as mesmas têm de

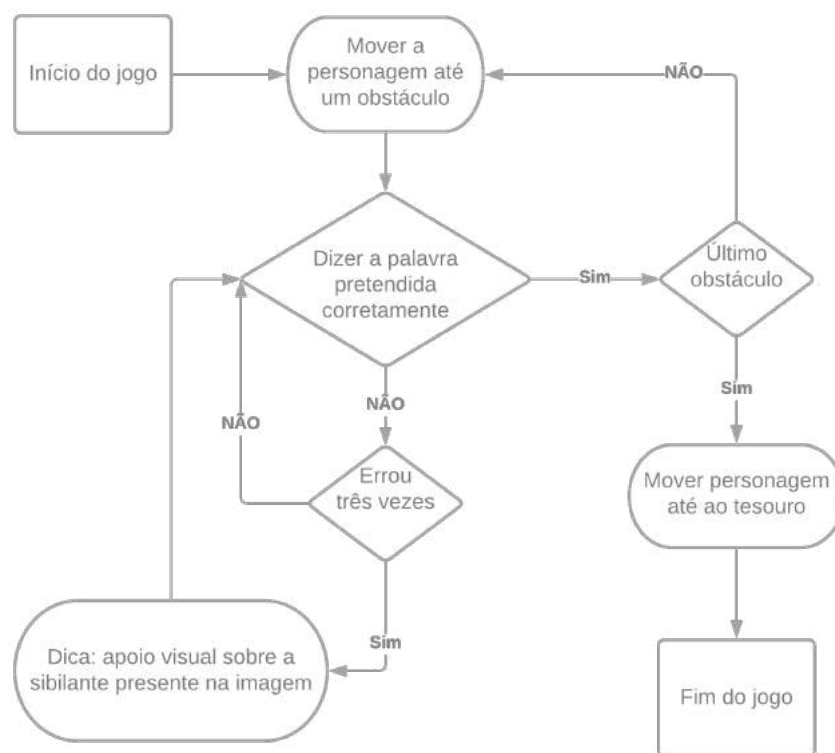


Figura 3.17: Fluxograma do jogo do labirinto

superar todos os obstáculos presentes no labirinto antes de o encontrarem. Caso encontrem o tesouro antes de superar todos os obstáculos, as crianças não conseguirão terminar o jogo, sendo assim obrigadas a voltar aos obstáculos que não realizaram para os finalizar. Os obstáculos presentes no labirinto consistem em imagens representativas de uma determinada palavra. Para superar os obstáculos as crianças necessitam de atingir os mesmos e proferir a palavra presente na imagem prolongando ligeiramente a consoante sibilante. Desta forma, as crianças precisam de realizar o exercício de produção de palavras com sibilantes para avançarem no jogo. Assim, de modo à criança conseguir ultrapassar o obstáculo terá de:

- Proferir a palavra correta.
- Produzir a consoante sibilante pretendida, de forma correta.

É de se referir, que tanto o sistema de classificação de sibilantes como o sistema de reconhecimento automático de palavras, que avaliam a correção do exercício executado pelas crianças, são os mesmos que do jogo dos pares. Estes serão abordados na secção 3.10.

Existe um pormenor que se tem de ter em conta: nem todas as crianças possuem um bom sentido de orientação. Este pormenor é importante, pois, para algumas crianças, irá tornar-se numa dificuldade extra indesejada neste jogo. Assim, com o intuito de suavizar essa dificuldade, durante todo o jogo estará presente no ecrã um mini mapa. Este, mostra

em tempo real, onde a criança se encontra no labirinto de modo a facilitar a orientação da mesma.

Tal como no jogo dos pares, este jogo também possui *feedback* visual e/ou sonoro para todas as ações efetuadas pela criança. Mais uma vez, o objectivo do *feedback* é a ajudar a criança a perceber o seu desempenho e a melhorar as produções de fala quando estas não são produzidas correctamente.

**Feedback sonoro** – No caso da criança ter proferido corretamente o esperado, a mesma ouve um som que representa que o exercício foi bem executado acompanhado de um *feedback* visual. Já se a criança não disser corretamente o esperado, mais uma vez, para além de um *feedback* visual, ouvirá um som que demonstra à mesma que ela errou. Ao concluir o jogo, a criança ouvirá um som distinto do de quando supera um obstáculo, mas que passa a mesma imagem de vitória acompanhado, novamente, por um *feedback* visual.

**Feedback visual** – Ao atingir um obstáculo a criança não se pode mover no labirinto até proferir com correção o esperado (a palavra presente no obstáculo, prolongando ligeiramente a consoante sibilante da mesma). Para demonstrar o tempo que a criança tem de proferir o que se pede, a imagem do obstáculo começa a aparecer no centro do ecrã ficando completa quando o tempo termina (Figura 3.18.a). Quando a criança proferir corretamente o esperado, para além do *feedback* sonoro já referido, a imagem no obstáculo volta ao seu respetivo lugar e a criança volta a poder mexer-se. No caso da criança não dizer corretamente o esperado, acompanhando o *feedback* sonoro, a imagem treme ligeiramente, mostrando à criança que a mesma não efetuou o exercício com correção. Ao finalizar o jogo, chegando ao tesouro, o mesmo abre-se automaticamente de modo a celebrar a vitória da criança (Figura 3.18.b). Porém, se a mesma ainda não tiver completado as condições para concluir o jogo, não terá qualquer *feedback* por parte do tesouro.

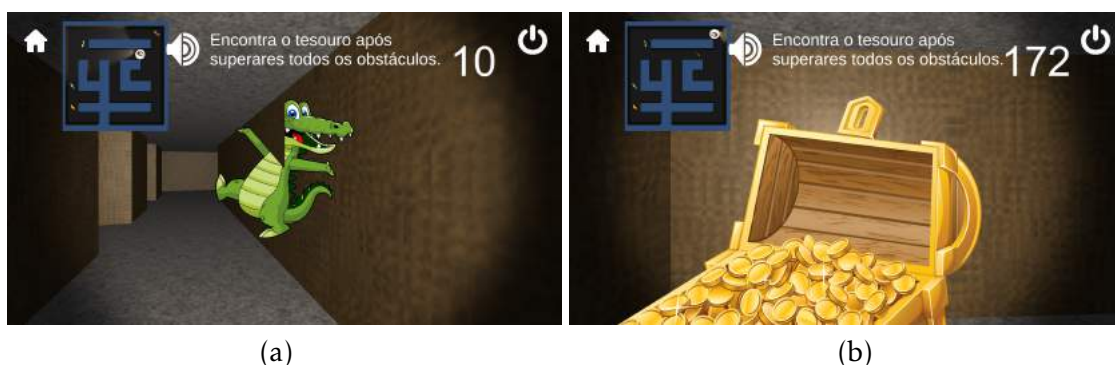


Figura 3.18: *Feedbacks* visuais no jogo do labirinto. (a) Nesta imagem podemos verificar o *feedback* visual oferecido às crianças de modo a que as mesmas percebam o tempo que têm para proferir o esperado. (b) Esta imagem mostra o *feedback* visual que ocorre quando a criança termina o jogo.

### Sistema de dicas

Tal como ocorre no jogo dos pares, este também tem um sistema de dicas. Porém, o mesmo é mais simples, não necessitando assim de uma secção própria com o intuito do explicar.

Caso a criança se encontre com dificuldades em ultrapassar um determinado obstáculo, após a terceira tentativa falhada, em vias de manter a criança motivada, oferece-se uma dica à mesma. Essa dica é igual à última dica oferecida nos primeiros dois níveis do jogo dos pares no modo avançado. Ou seja, aparece uma imagem que contém lábios que demonstram o movimento que as crianças precisam de fazer para a realização correta do fonema sibilante pretendido, isto é, a consoante sibilante presente na imagem do obstáculo (Figura 3.19).



Figura 3.19: Dica presente no jogo do labirinto

### 3.5.1 Informações

Para as informações deste jogo não se obtiveram nenhuma sugestões dos(as) terapeutas uma vez de que, inicialmente, não se falou deste jogo. Porém, visto o exercício de terapia presentes no mesmo coincidir com um dos exercícios utilizados no jogo dos pares, optou-se por extrair as mesmas informações.

As informações que este jogo envia para a aplicação dos terapeutas são as seguintes:

- Percentagem de jogos ganhos.
- Percentagem de correção de cada sibilante, ou seja, aparece a percentagem de quantas vezes a criança disse corretamente a sibilante.
- Grafo com o desempenho da criança para cada uma das sibilantes quer a nível local, quer a nível vocal.

## 3.6 Sistema de Recompensas

A solução proposta engloba um sistema de recompensas com o intuito de motivar ainda mais as crianças. Para tal, abrange todos os jogos de sigmatismo desenvolvidos nesta

dissertação.

Este sistema de recompensas consiste num sistema de trocas de pontos, os quais podem ser utilizados numa de duas lojas: a loja de personagens e a loja de objectos (Figura 3.20). Estes pontos são representados por moedas que são obtidas através da realização completa e correta dos jogos existentes (após finalizar um jogo corretamente a criança ganha dez moedas). As crianças podem verificar o número de moedas que têm em qualquer uma das lojas, no canto superior direito, bem como o custo do que pretendem comprar no canto inferior esquerdo.

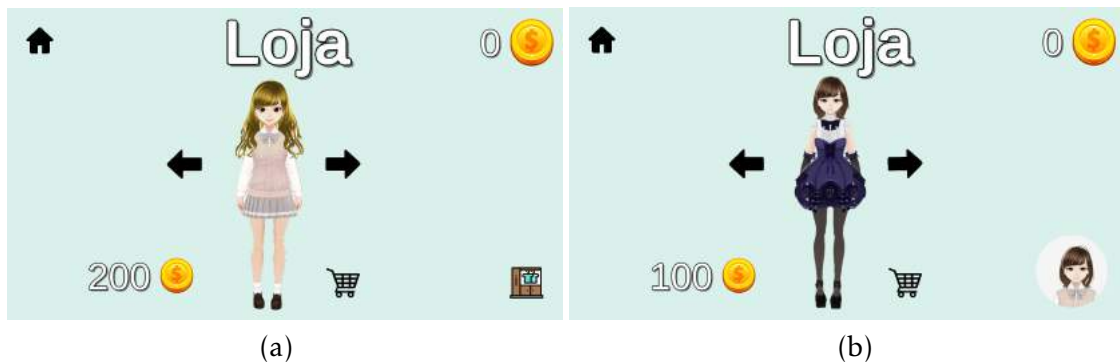


Figura 3.20: Lojas onde se podem trocar as moedas. (a) Loja das personagens. Nesta imagem pode-se observar o custo das personagens que a criança ainda não possui e, portanto, ainda se encontram à venda. (b) Loja dos objetos. Através desta imagem pode-se verificar que os objetos à venda são das personagens que a criança já possui. Uma vez que, o objeto presente na imagem é da personagem que, atualmente, identifica a criança (o ícone da personagem que identifica a criança pode ser verificado no canto inferior direito).

Através deste sistema de recompensas baseado em pontos representados por moedas pretende-se que as crianças fiquem motivadas de modo a obter mais moedas para poderem trocar as mesmas nas lojas. Assim, as crianças irão jogar mais vezes para, ao concluírem os jogos, ganharem mais moedas. E, para tal, terão de realizar os exercícios de terapia presentes nos jogos correctamente.

A loja de personagens contém uma diversidade de personagens (Figura 3.21) que as crianças podem comprar em troca de moedas. Cada personagem tem um valor fixo de duzentas moedas.

Inicialmente, a criança só terá acesso a uma personagem e ao objeto padrão da mesma. Esta é lhe atribuída automaticamente tendo em conta o seu sexo. Depois de comprar personagens, a criança pode seleccionar uma dessas personagens como a sua personagem ativa. Assim, a personagem presente no ecrã principal altera-se tendo em conta a personagem seleccionada pela criança (Figura 3.22).

Outro pormenor sobre as personagens seleccionadas é que as mesmas alteram pequenos detalhes dos jogos. No jogo dos pares, o ícone da personagem seleccionada aparecerá como a parte de trás das cartas. Já no jogo do labirinto, a personagem ativa aparece no mini mapa no canto superior direito (Figura 3.23). Para além disso, a personagem ativa também



Figura 3.21: Diferentes personagens disponíveis para as crianças



Figura 3.22: Nestas imagens podem-se verificar uma das alterações presente na aplicação devido à mudança da personagem e dos seus objetos ativos. (a) Esta imagem mostra como é originalmente a página inicial de uma criança do sexo feminino. (b) Nesta imagem podemos verificar as alterações após a criança selecionar outra personagem e objeto da mesma para a identificar.

aparecerá em várias páginas espalhadas pela aplicação.

A loja dos objetos contém itens que as crianças podem comprar para alterar o aspeto das suas personagens. Cada objecto tem um valor fixo de cem moedas. Os objetos disponíveis na loja serão sempre apropriados às personagens que a criança detém. Na loja só aparecem os objetos que ainda não se encontrem na posse da criança, de qualquer uma das personagens que a mesma já tenha.

Nas personagens da criança, onde a mesma pode selecionar qual será a sua personagem ativa, apenas aparecerão as personagens que a mesma possui. De modo idêntico, nos objetos da criança, onde a mesma pode personalizar a personagem que tem selecionada como sendo a ativa, apenas aparecerão os objetos que a criança possui. Porém, em vez de aparecerem todos os objetos que a criança já tem, só irão aparecer os referentes à personagem ativa da mesma.





Figura 3.23: Exemplo de um mini mapa presente no jogo do labirinto



Figura 3.24: Nestas imagens podem-se verificar todos os objetos existentes para todas as personagens. Os primeiros objetos de cada personagem são os objetos padrão da mesma. As imagens (a) e (b) correspondem aos objetos das personagens que serão atribuídas às crianças inicialmente.



### 3.7 Sistema de Adaptação Dinâmica de Dificuldade

No jogo dos pares, como anteriormente já foi mencionado, existe um ajuste de dificuldade dinâmico (DDA), tendo em conta o desempenho das crianças. A adaptação dinâmica da dificuldade pode ter diversos benefícios, sendo o principal, neste caso, não desmotivar as crianças, quer devido à facilidade que as mesmas apresentam quer aos problemas das mesmas. Porém, caso o(a) terapeuta achar melhor, a dificuldade também poderá ser alterada manualmente (apenas pelos próprios(as) terapeutas), tendo assim, a hipótese de desativarem ou ativarem, esta funcionalidade sempre que acharem mais apropriado.

Este género de sistemas já é usado em diversas áreas de modo a facilitar a aquisição ou a melhoria de certas habilidades, como é o caso da simulação militar ou aérea [50]. O desafio faz parte dos jogos, no entanto, é complicado encontrar-se um nível desafiante único para todos os utilizadores - as crianças [39, 57]. Uma vez que o desafio fortalece a autoestima dos utilizadores possibilitando o seu sucesso, as crianças sentir-se-ão motivadas para continuar a jogar e, conseqüentemente, a treinar as suas dificuldades. Porém, deve-se evitar ou minimizar o constrangimento dos utilizadores (neste caso, mais especificamente, das crianças) e, para tal, há a necessidade de possibilitar que todas as crianças consigam atingir o sucesso no jogo. Assim sendo, este é um dos problemas do qual advém a importância deste sistema adaptação dinâmica de dificuldade, visto que o nível de desafio do jogo varia tendo em conta o nível de facilidade/dificuldade de cada criança.

Tendo em conta a existência de diferentes jogabilidades entre os níveis existentes no jogo dos pares, de modo a se criar um sistema de adaptação dinâmica de dificuldade, o mesmo teria que ser específico para cada um dos dois tipos de níveis (os níveis nos quais as crianças têm necessidade de proferir algo ou os níveis nos quais elas têm que ouvir algo). Assim, decidiu-se focar a atenção somente nos primeiros níveis, visto serem aqueles que nos oferecem mais informação. Sendo assim a adaptação dinâmica da dificuldade desses níveis, mais complexa do que seria nos restantes níveis.

Com o intuito de se criar esse sistema de dificuldade mais complexo e completo criaram-se várias fases do mesmo. Deste modo, para facilitar a sua compreensão passar-se-á por todas essas fases. É de se referir ainda, que, o sistema de adaptação dinâmica de dificuldade para as crianças mais velhas e para as mais novas é ligeiramente diferente e, por isso, irão ser apresentados ambos para cada uma das fases. No entanto, primeiramente, torna-se necessário clarificar o significado de cada variável:

- **Total** - refere-se ao total de pontos obtidos pelas crianças através da execução dos jogos tendo em conta a sua prestação.
- **Nível** - refere-se ao nível.
- **Jogado** - Refere-se ao número de jogos (quer completos, ou jogos em que a criança desista) no nível presente.

- **Facilidades** - Refere-se ao número de facilidades oferecidas à criança nos primeiros dois níveis do modo das crianças mais novas, de modo a evitar que a mesma fique frustrada.
- **JF** - Refere-se ao número de jogos (quer completos, ou jogos em que a criança desista) no nível presente e com o número de facilidades atual.
- **Dica** - Refere-se ao número de dicas que a criança necessitou.
- **PVocal** - Refere-se à percentagem que a criança conseguiu obter pelo servidor, no que diz respeito à vocalização da sibilante multiplicado pela percentagem que o(a) terapeuta parametrizou dividida por cem.
- **PLocal** - Refere-se à percentagem que a criança conseguiu obter pelo servidor no que diz respeito à localização em que a sibilante deve ser produzida, multiplicado pela percentagem que o(a) terapeuta parametrizou (a soma dessa percentagem com a da parametrizada para PVocal é de cem) dividida por cem.
- **ParCorreto** - Refere-se à criança realizar um par corretamente.
- **n** - Indica o número do jogo realizado.
- **t** - Indica o turno do jogo presente.

A **primeira fase** do sistema de adaptação dinâmica da dificuldade consiste numa forma simples, sem se ter em consideração qualquer tipo de percentagens nem o sistema de dicas ou a má prestação das crianças, fazendo com que as crianças nunca sejam penalizadas.

- **Modo das Crianças Mais Velhas**

Neste modo de jogo, sempre que as crianças realizam um *ParCorreto* ganham um ponto (o *Total* é incrementado em um); ao se alterar o *Nível* o *Total* volta a zero; em qualquer outro caso, o *Total* mantém-se inalterado. O *Nível* aumenta em um sempre que o *Total* for superior a vinte e cinco, que o *Nível* seja inferior a cinco e que o *Jogado* seja maior ou igual a cinco.

Decidiu-se obrigar as crianças a jogar sempre no mínimo cinco jogos em cada nível para não acontecer que a criança jogue um jogo e depois altere de níveis, visto que assim a mesma poderia perder o entusiasmo e também não iria aproveitar em toda a sua plenitude os vários níveis disponíveis. Outra das decisões tomadas foram o número de pontos para se subir ou diminuir o nível. Para subir, optou-se por vinte e cinco, visto que cada jogo tem cinco pares, o que faz com que mal as crianças acabem os primeiros cinco jogos num determinado nível, caso tenham conseguido completar os mesmos, não desistindo assim de nenhum, possam passar logo para o nível seguinte. Assim, não se pretende prender a criança num nível que ela consegue

completar para não desmotivar a mesma. Para descer, optou-se por oito, visto que isso significa que em cinco jogos a criança só foi, no máximo, capaz de completar um jogo. Nesse caso, a criança tem claramente dificuldades em completar um jogo. Deste modo, para não se frustrar a criança, diminui-se o nível da mesma para que seja capaz de completar um jogo e se sentir motivada para continuar a jogar.

É ainda de referir que, neste modo, só existem três níveis com análise de som, de modo a motivar/não frustrar as crianças com maiores dificuldades, no caso de não estarem a ter um bom desempenho no primeiro nível. Deste modo, tal como ocorre nos níveis seguintes, o nível irá diminuir. Porém, como não existem mais níveis inferiores, passa-se para os dois primeiros níveis do modo das crianças mais novas.

$$\text{Total}(n) = \begin{cases} \text{Total}(n-1) + 1, & \text{ParCorreto} \\ 0, & \text{Nivel}(n-1) \neq \text{Nivel}(n) \\ \text{Total}(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\text{Nivel}(n) = \begin{cases} \text{Nivel}(n-1) - 1, & \text{Total}(n-1) \leq 8 \text{ e Jogado} \geq 5 \text{ e Nivel}(n-1) > 0 \\ \text{Nivel}(n-1) + 1, & \text{Total}(n-1) \geq 25 \text{ e Jogado} \geq 5 \text{ e Nivel}(n-1) \leq 5 \\ \text{Nivel}(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.2)$$

- Modo das Crianças Mais Novas

Neste modo o *Total* comporta-se da mesma forma que no modo anterior. Já o *Nivel* contém uma ligeira diferença, consistindo esta na constrição do nível máximo ao qual as mesmas podem atingir, visto só existirem três níveis neste modo. Para além destas duas funções, temos ainda a das *Facilidades* de modo a ajudar ainda mais as crianças, caso haja essa necessidade. As *Facilidades* aumentam sempre em que num caso *JF* seja no mínimo dois, o *Nivel* seja somente um dos dois primeiros e que o *Total* seja inferior a catorze. Em contrapartida, aumenta tendo em conta todas as condições anteriores mas, desta vez, se o *Total* for superior a dezanove. Fica a zero, sempre que se altera o *Nivel*.

Os valores para aumentar e diminuir as *Facilidades* foram selecionados visto serem os valores intermédios, não tendo, deste modo, de se alterar constantemente as *Facilidades*. A obrigação do *JF* ser no mínimo dois, também advém daí.

$$\text{Total}(n) = \begin{cases} \text{Total}(n-1) + 1, & \text{ParCorreto} \\ 0, & \text{Nivel}(n-1) \neq \text{Nivel}(n) \\ \text{Total}(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\text{Nivel}(n) = \begin{cases} \text{Nivel}(n-1) - 1, & \text{Total}(n-1) \leq 8 \text{ e Jogado} \geq 5 \text{ e Nivel}(n-1) > 0 \\ \text{Nivel}(n-1) + 1, & \text{Total}(n-1) \geq 25 \text{ e Jogado} \geq 5 \text{ e Nivel}(n-1) \leq 1 \\ \text{Nivel}(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.4)$$

$$Facilidades(n) = \begin{cases} Facilidades(n-1) + 1, & Total \leq 14 \text{ e } JF \geq 2 \text{ e } Nivel \leq 1 \\ Facilidades(n-1) - 1, & Total \geq 19 \text{ e } JF \geq 2 \text{ e } Nivel \leq 1 \text{ e } Facilidades(n-1) > 0 \\ Facilidades(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.5)$$

Na **segunda fase** do sistema de adaptação dinâmica da dificuldade, apesar de ainda não se ter em consideração qualquer tipo de percentagens, já se tem em conta o sistema de dicas. Assim, a má prestação das crianças passa a ser penalizada.

- **Modo das Crianças Mais Velhas**

Nesta fase, as condições para o *Nivel* mantêm-se iguais à anterior, sendo somente o *Total* a sofrer alterações. Essas alterações baseiam-se na adição de um novo comportamento em que ocorrerá uma diminuição de zero vírgula vinte e cinco sempre que a criança necessitar de uma dica.

Selecionou-se o valor de zero vírgula vinte e cinco, pois o sistema de dicas consiste em três dicas diferentes, o que significa que, mesmo com todas as dicas, caso a criança realize o corretamente o necessário para o par ser considerado correto, a mesma ainda ganha pontos visto que zero vírgula vinte e cinco multiplicado pelas três dicas resulta em zero vírgula setenta e cinco, sendo este valor inferior ao ponto que ela recebe ao realizar um par correto.

$$Total(n) = \begin{cases} Total(n-1) + 1, & ParCorreto \\ Total(n-1) - 0,25, & Dica(t-1) < Dica(t) \\ 0, & Nivel(n-1) \neq Nivel(n) \\ Total(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.6)$$

$$Nivel(n) = \begin{cases} Nivel(n-1) - 1, & Total(n-1) \leq 8 \text{ e } Jogado \geq 5 \text{ e } Nivel(n-1) > 0 \\ Nivel(n-1) + 1, & Total(n-1) \geq 25 \text{ e } Jogado \geq 5 \text{ e } Nivel(n-1) \leq 5 \\ Nivel(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.7)$$

- **Modo das Crianças Mais Novas**

Neste modo, as únicas alterações realizadas em relação à fase anterior são as mesmas observadas no modo das crianças mais velhas. Estamos, então, perante uma junção do modo das crianças mais velhas desta fase com o modo das crianças mais novas da fase anterior.

$$Total(n) = \begin{cases} Total(n-1) + 1, & ParCorreto \\ Total(n-1) - 0,25, & Dica(t-1) < Dica(t) \\ 0, & Nivel(n-1) \neq Nivel(n) \\ Total(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.8)$$

$$Nivel(n) = \begin{cases} Nivel(n-1) - 1, & Total(n-1) \leq 8 \text{ e } Jogado \geq 5 \text{ e } Nivel(n-1) > 0 \\ Nivel(n-1) + 1, & Total(n-1) \geq 25 \text{ e } Jogado \geq 5 \text{ e } Nivel(n-1) \leq 1 \\ Nivel(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.9)$$

$$Facilidades(n) = \begin{cases} Facilidades(n-1) + 1, & Total \leq 14 \text{ e } JF \geq 2 \text{ e } Nivel \leq 1 \\ Facilidades(n-1) - 1, & Total \geq 19 \text{ e } JF \geq 2 \text{ e } Nivel \leq 1 \text{ e } Facilidades(n-1) > 0 \\ Facilidades(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.10)$$

A **terceira fase** do sistema de adaptação dinâmica da dificuldade, e também a última, já tem em consideração qualquer tipo de percentagens, assim como a prestação das crianças em todas as suas jogadas, não se focando apenas na necessidade ou não de dicas e na quantidade de dicas utilizadas, passando-se assim a ser mais rigoroso com a prestação das crianças.

- **Modo das Crianças Mais Velhas**

Tal como ocorreu na fase anterior, o *Nivel* mantém-se igual aos anteriores, sendo apenas o *Total* a sofrer mudanças. Assim sendo, observa-se a manutenção da adição de dois novos comportamentos, da alteração da condição do aumento de pontos e da alteração do comportamento em que se diminui o número de pontos.

Passa-se a diminuir apenas zero vírgula zero cinco mas, em vez de ser somente quando as crianças têm uma pista, é sempre que a sua prestação, isto é, que a soma de *PVocal* e *PLocal* seja inferior a trinta. Optou-se por retirar o comportamento de diminuição dos pontos sempre que a criança tivesse uma nova pista, uma vez que já se reduzem os mesmos sempre que ela erra. Deste modo evita-se descontar demasiado quando a criança está com dificuldades, para não dificultar em demasia e para tentar evitar que a criança desmotive. É de se notar ainda que, para o par ser considerado correto, independentemente do valor dessa soma, o servidor tem de dar no mínimo sessenta; isto, tanto no que diz respeito à vocalização da sibilante como também ao local onde a mesma deve ser produzida.

Os dois comportamentos adicionados a *Total* consistem na adição de zero vírgula sessenta e cinco e de zero vírgula cinco quando a soma de *PVocal* e *PLocal* estiver entre noventa (exclusivé) e oitenta (inclusivé) e quando se encontrar entre oitenta (exclusivé) e sessenta (inclusivé), respetivamente. Já quando se adiciona um ponto, o mesmo só ocorre quando a soma referida é igual ou superior a noventa, sendo esta a alteração da condição referida anteriormente.

$$Total(n) = \begin{cases} Total(n-1) + 1, & PVocal + PLocal \geq 90 \\ Total(n-1) + 0,65, & PVocal + PLocal \geq 80 \text{ e } PVocal + PLocal < 90 \\ Total(n-1) + 0,5, & PVocal + PLocal \geq 60 \text{ e } PVocal + PLocal < 80 \\ Total(n-1) - 0,05, & PVocal + PLocal \leq 30 \\ 0, & Nivel(n-1) \neq Nivel(n) \\ Total(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.11)$$

$$Nivel(n) = \begin{cases} Nivel(n-1) - 1, & Total(n-1) \leq 8 \text{ e } Jogado \geq 5 \text{ e } Nivel(n-1) > 0 \\ Nivel(n-1) + 1, & Total(n-1) \geq 25 \text{ e } Jogado \geq 5 \text{ e } Nivel(n-1) \leq 5 \\ Nivel(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.12)$$

De modo a uma percepção mais fácil do sistema *Total*, criou-se uma representação gráfica do mesmo. Essa representação gráfica pode-se visualizar na Figura 3.25.

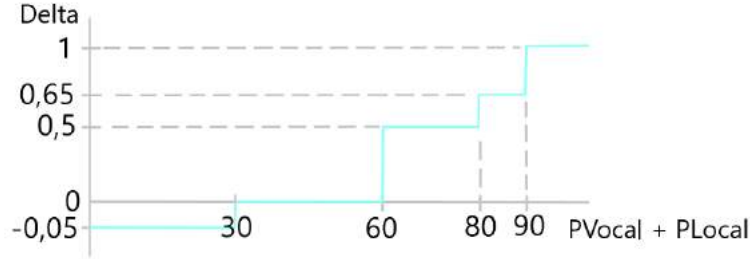


Figura 3.25: Representação gráfica do sistema do total comum nos dois modos de jogo

- **Modo das Crianças Mais Novas**

Da mesma forma que aconteceu no modo anterior, da segunda fase para esta, as únicas alterações que se observam são as realizadas no modo das crianças mais velhas desta mesma fase. Assim, o sistema de adaptação dinâmica da dificuldade desta fase e neste modo resume-se novamente à junção do modo das crianças mais velhas desta fase com o modo das crianças mais novas da fase anterior.

$$\text{Total}(n) = \begin{cases} \text{Total}(n-1) + 1, & PVocal + PLocal \geq 90 \\ \text{Total}(n-1) + 0,65, & PVocal + PLocal \geq 80 \text{ e } PVocal + PLocal < 90 \\ \text{Total}(n-1) + 0,5, & PVocal + PLocal \geq 60 \text{ e } PVocal + PLocal < 80 \\ \text{Total}(n-1) - 0,05, & PVocal + PLocal \leq 30 \\ 0, & Nivel(n-1) \neq Nivel(n) \\ \text{Total}(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.13)$$

$$\text{Nivel}(n) = \begin{cases} \text{Nivel}(n-1) - 1, & \text{Total}(n-1) \leq 8 \text{ e } Jogado \geq 5 \text{ e } Nivel(n-1) > 0 \\ \text{Nivel}(n-1) + 1, & \text{Total}(n-1) \geq 25 \text{ e } Jogado \geq 5 \text{ e } Nivel(n-1) \leq 1 \\ \text{Nivel}(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.14)$$

$$\text{Facilidades}(n) = \begin{cases} \text{Facilidades}(n-1) + 1, & \text{Total} \leq 14 \text{ e } JF \geq 2 \text{ e } Nivel \leq 1 \\ \text{Facilidades}(n-1) - 1, & \text{Total} \geq 19 \text{ e } JF \geq 2 \text{ e } Nivel \leq 1 \text{ e } Facilidades(n-1) > 0 \\ \text{Facilidades}(n-1), & \text{outro caso} \end{cases} \quad (3.15)$$

De modo a uma percepção mais fácil do sistema *Facilidades*, tal como se sucedeu no sistema *Total*, criou-se uma representação gráfica do mesmo. Essa representação gráfica pode-se visualizar na Figura 3.26.

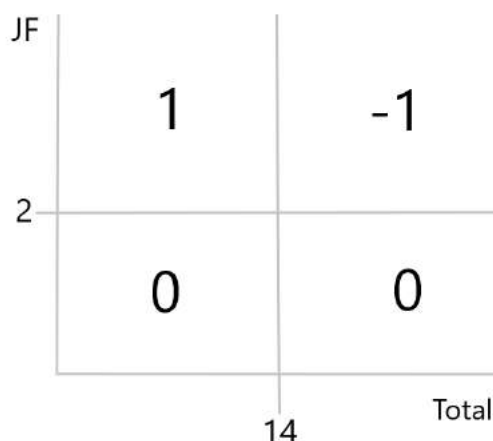


Figura 3.26: Representação gráfica do sistema das facilidades

### 3.8 Arquitetura do Sistema

A aplicação proposta é destinada a ser usada tanto em casa como nas sessões de terapia. Deste modo, as crianças nem sempre terão um especialista ao seu lado a avaliar as suas produções de fala. No entanto, de modo a evoluir e a ultrapassar as dificuldades que tem, a criança necessita de saber quando se encontra, ou não, a realizar o exercício corretamente podendo, assim, corrigir o que está a fazer erradamente. Poder-se-ia incumbir esta tarefa de verificar a correção com que as crianças executam os exercícios aos pais (ou encarregados de educação) da criança. Porém, os mesmos podem ter pouca disponibilidade para apoiar a criança nos seus treinos. Para além disso, por vezes, os mesmos podem não ter conhecimentos suficientes para avaliar corretamente o desempenho da criança, visto não serem especialistas em terapia da fala. Assim, de modo a permitir uma avaliação o mais correta possível e uma maior independência nos treinos por parte das crianças, a solução proposta utiliza um sistema de reconhecimento automático de palavras para classificar as palavras produzidas pela criança [1] e um sistema de classificação de sibilantes para avaliar a correção da produção da sibilante [5]. Deste modo, consegue-se contornar o problema da supervisão necessária durante o treino da criança. Estes classificadores foram desenvolvidos por membros da equipa do projecto *BioVisualSpeech*. Pode-se visualizar um esquema simplificado dos processos necessários para a comunicação entre os servidores e a aplicação, desde a altura em que a criança fala até ao momento que a mesma recebe o *feedback* da sua prestação na Figura 3.27.

O sistema de reconhecimento automático de palavras (automatic speech recognition system, ou ASR) é responsável pela análise das palavras produzidas pelas crianças. Isto, claro, em tempo real de modo a que as mesmas compreendam imediatamente, se pronunciaram corretamente o que lhes foi solicitado. O mesmo sucede com o sistema de classificação de sibilantes encarregado de avaliar a sibilante produzida pelas crianças.

Cada um dos classificadores usados nesta dissertação, como referido anteriormente, está a correr num servidor próprio. Assim, é importante referir-se que, ao contrário das

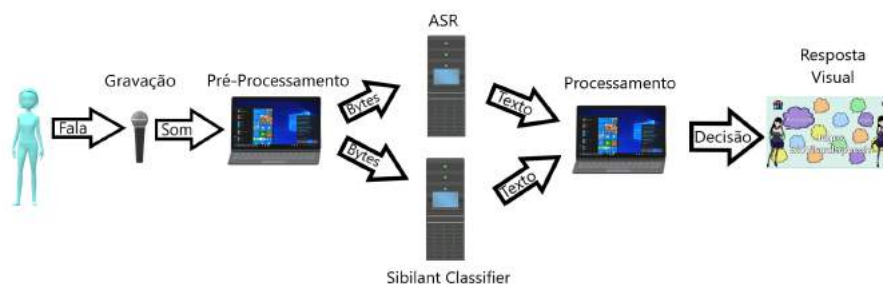


Figura 3.27: Arquitetura do sistema

aplicações deste género, esta não se limita a utilizar sempre apenas um classificador. Na realidade, em certas circunstâncias (ocasiões essas já referidas anteriormente), utiliza os dois classificadores já mencionados.

O sistema de processamento e classificação da fala está dividido em cinco funções distintas:

**Gravação de produções de fala** – A primeira função é responsável pela gravação das produções de fala das crianças. Para tal utiliza-se o microfone que o computador tem ativo na altura.

Para se efetuar a gravação do que as crianças dizem durante o jogo havia duas hipóteses: realizar uma gravação contínua durante todo o jogo ou gravar apenas a fala durante a execução do exercício. Caso se estivesse sempre a gravar:

- Usando os jogos nas sessões de terapia, teria de se distinguir: quando a criança estaria a jogar (efetuar o exercício) de quando a criança e/ou o(a) terapeuta estariam a falar entre si por algum motivo. E a realização de tal distinção seria muito complexa, possivelmente, sobrecarregando o jogo. O que atrasaria o *feedback* oferecido à criança.
- Utilizando os jogos fora das sessões de terapia, o jogo poderia gravar conversas privadas das pessoas. Algo que devido a políticas de proteção dos dados, não se pode fazer sem o consentimento das pessoas.

Assim, optou-se por se gravar apenas a fala durante a execução do exercício. Pois, desta forma, as pessoas sabem que não estamos a gravar conversas que não querem que sejam gravadas.

Para activar a gravação de fala, a criança, ou o(a) terapeuta, deve usar a tecla G (jogo dos pares e jogo do labirinto). No jogo dos pares também é possível activar a gravação através dum botão vermelho no ecrã, que foi criado a pensar nas crianças mais novas. A partir do momento em que se carrega num dos botões de gravar, podem-se suceder duas situações distintas:

1. Começa-se a gravar o que a criança diz imediatamente.



2. Começa-se a gravar após se detetar que alguém está a falar.

A situação (1) utiliza-se no jogo do labirinto e no jogo dos pares nos níveis em que as crianças necessitam de proferir uma palavra, enquanto que a (2) é utilizada nos restantes níveis do jogo dos pares. Esta diferença deve-se ao facto de que se se comesse a gravar mal se detetasse som, perdia-se o início das palavras que a criança dizia. Tal circunstância é fundamental para a correta classificação por parte do sistema de reconhecimento automático de palavras. No caso de terem que proferir a consoante sibilante, este problema não se coloca, visto que é um som contínuo e todo ele igual, portanto, se não se gravar os primeiros milissegundos, não tem qualquer implicação na classificação do mesmo.

Depois de se iniciar a gravação, é preciso determinar quando parar a mesma. Inicialmente os utilizadores eram obrigados a premir o botão de gravar para começar e para parar a gravação. Porém, a probabilidade de as crianças mais novas se esquecerem de carregar no botão de modo a finalizar a gravação era grande e, nessas circunstâncias, as crianças não perceberiam o porquê de o jogo não lhes estar a responder como era suposto. Assim, optou-se por se usar outros métodos que parassem a gravação automaticamente. Utilizam-se dois métodos distintos para terminar a gravação de forma automática:

1. Intervalo de tempo de duração constante – cinco segundos.
2. Deteção de silêncio.

Tal como acontece no processo de iniciar a gravação, a situação (1) utiliza-se no jogo do labirinto e no jogo dos pares nos níveis em que as crianças necessitam de proferir uma palavra, enquanto que a (2) é utilizada nos restantes níveis do jogo dos pares. Esta diferença verifica-se, visto, em algumas palavras se detetar um pequeno silêncio entre os diferentes fonemas e, esse silêncio é o suficiente para a gravação parar. O que impedia a correta classificação da palavra por parte do sistema de reconhecimento automático de palavras.

Escolheu-se a duração de cinco segundos para o intervalo de tempo de duração constante, uma vez que, esse tempo é uma boa fração de tempo para a criança dizer uma palavra. Assim, existe a margem de salva guarda caso a criança se esqueça do que ia dizer após carregar no botão.

Após a gravação se encontrar concluída, a mesma irá encontrar-se num vetor de *floats*.

A segunda função é a do pré-processamento do áudio e o envio desses dados na forma de vetor de *bytes* para os dois servidores diferentes. Para tal, serão utilizadas classes específicas do *Unity* de modo a se criar um pedido *Post* ao servidor.

A terceira função é o processamento das respostas obtidas por parte do servidor (o funcionamento básico deste pode-se verificar na secção 3.10).

A quarta função ocorre após a espera da resposta dos servidores enquanto os mesmos classificam o som. Após a receção das respostas dos servidores pode-se finalmente verificar se a criança disse a palavra pretendida e, no caso de o ter feito, se realizou o fonema sibilante que era suposto. Caso isso se verifique, o cliente assume que a criança executou o exercício corretamente. No entanto, no caso de a criança proferir uma palavra parecida o suficiente à que lhe é pedida, de modo a que o sistema de reconhecimento automático de palavras dê o resultado que é suposto, mas com a sibilante errada, isso vai fazer com que o sistema de classificação de sibilantes dê algo que não é o previsto, considerando-se que a criança executou o exercício de forma incorreta.

Finalmente, a última função consiste em se proceder à transmissão da correção do exercício à criança.

### 3.9 Pré-processamento de Áudio

Com o intuito de se enviar o som para qualquer um dos servidores no formato adequado há a necessidade de um pré-processamento do áudio gravado. Este pré-processamento consiste na transformação do áudio para o formato necessário para a transmissão do mesmo e, no caso do servidor das consoantes sibilantes, da divisão do áudio em partes de modo a que o sistema de classificação de sibilantes presente no mesmo seja capaz de classificar corretamente a consoante presente do áudio.

Este processo sofreu algumas alterações à medida que se testaram diferentes servidores. Desta forma, antes de se chegar a esta solução utilizada, foi tentada uma outra. Nessa outra solução, o servidor utilizado para correr o servidor do sistema de reconhecimento automático de palavras era o mesmo. No entanto, o utilizado para correr o sistema de classificação de sibilantes era uma versão anterior do servidor final utilizado para a solução.

Contudo, para essa solução, cada um desses servidores necessitava de um pré-processamento diferente, apesar de terem uma parte idêntica. A segunda parte do pré-processamento do áudio para o servidor que continha o sistema de reconhecimento automático de palavras e a primeira para o servidor no qual corria o sistema de classificação de sibilantes, era a parte idêntica no pré-processamento dos dados necessária para os servidores.

A fase em comum entre ambas ainda ocorre na solução atual, sendo a segunda parte do pré-processamento do áudio para o servidor do sistema de classificação de sibilantes e a única para o servidor do sistema de reconhecimento automático de palavras. Nesta fase, existe a necessidade de se transformar o vetor de *floats* no qual o som se encontra, num vetor de *bytes* (visto ser este o formato que os servidores estão à espera). Porém, essa transformação tem de ser executada evitando o detrimento da qualidade restando assim, a perda da definição. Isto porque a diminuição da qualidade do áudio impede que os servidores sejam capazes de classificar o som corretamente.

No que diz respeito à primeira parte do pré-processamento do áudio que atualmente já não é necessária, era executada somente para o servidor que contem o sistema de reconhecimento automático de palavras e era necessária devido ao facto dos servidores esperarem uma frequência de amostragem distinta. Problema que este novo servidor do sistema de classificação de sibilantes resolve, visto ter a mesma frequência de amostragem que o primeiro servidor, sendo essa frequência esperada de 16 000 *Hz*. No servidor anterior do mesmo sistema, a frequência era superior, mais precisamente, quarenta e 4 100 *Hz*. Deste modo, o áudio necessitava de ser gravado com a maior frequência de amostragem e, antecipadamente ao seu envio para o servidor do sistema de reconhecimento automático de palavras, requeria a diminuição da mesma (*downsampling*). Uma vez que, o classificador utilizado nesse servidor tinha sido treinado com amostras de 16 000 *Hz*, as de quarenta e 4 100 *Hz*, continham demasiada informação para o mesmo, impedindo-o assim de classificar o som tendo em conta o seu treino. Este processo pode ser aferido na secção 2.1.4.1.

No entanto, apesar de atualmente já não se necessitar de um pré-processamento específico para os dados enviados para o servidor do sistema de reconhecimento automático de palavras, continua a ser necessário um pré-processamento dos dados para o servidor do sistema de classificação de sibilantes. A primeira fase deste, consiste na posterior realização de uma seleção dos dados que se irão converter em *bytes* para, de seguida, serem enviados ao mesmo, mais especificamente, na divisão do som em partes com 5 120 amostras. De seguida realiza-se a segunda fase, sendo esta comum entre ambos os servidores, que, como já foi referido, consiste na conversão para *bytes*.

Não se optou assim, pelo primeiro servidor do sistema de classificação de sibilantes testado, uma vez que, ao contrário do atual, apenas conseguia classificar corretamente as consoantes sibilantes quando isoladas e prolongadas durante algum tempo. Tal situação não era a pretendida para o jogo. Para além de que, o atual também facilita no pré-processamento dos dados para o servidor que contem sistema de reconhecimento automático de palavras. Assim, conclui-se que o servidor do sistema de classificação de sibilantes atual é o mais apropriado optando-se deste modo, pela utilização do mesmo.

### 3.10 Sistemas de Classificação de Fala

Tal como referido nas secções anteriores, os jogos propostos nesta dissertação utilizam dois sistemas de classificação de fala diferentes, sendo cada um deles para um propósito distinto do outro. Porém, ambos são responsáveis por todo o processamento das produções de fala. Desta forma, são eles que concretizam tanto a extração como o processamento dos dados a partir do som em vetores de *bytes*, enviado aos mesmos.

O sistema de reconhecimento automático de palavras é o responsável pela classificação da produção da palavra [1]. Ao passo que, sistema de classificação de sibilantes, é responsável pela análise da sibilante presente no início da palavra [5].

O sistema de reconhecimento automático de palavras analisa a produção de fala da criança e identifica com que palavra esta é mais parecida. Por exemplo, se a produção for *sapo*, este identifica-a como sendo a palavra *sapo*. Porém, pode identificar essa mesma palavra se a criança disser, por exemplo, *chapo*. Visto que *sapo* é a palavra mais parecida que este sistema conhece em relação à palavra que a criança disse.

O sistema de reconhecimento automático de palavras usa um classificador de palavras híbrido com uma rede neuronal artificial e um modelo oculto de *Markov* (HMM), estendido de modo a incorporar um modelo de fala que estima se a palavra se encontra presente num determinado segmento de fala ou não, sem a necessidade de um novo treino do modelo acústico [1]. Ao operar no modo de localização de palavras-chave (KWS), a tarefa de reconhecimento consiste somente numa gramática finita composta por uma ou mais palavras ou de barulho de fundo, sendo este opcional no início e no final do segmento de fala.

O módulo de reconhecimento de palavras foi validado com o conjunto de palavras com sibilantes do corpus do projecto *BioVisualSpeech* [25, 48]. Para tal, seleccionou-se o conjunto de palavras proferidas de forma correta e realizaram-se dois testes de verificação das mesmas: um contra a palavra correta e outro contra uma palavra aleatória seleccionada entre as demais palavras da coleção. Dessa forma, simulou-se uma tarefa de verificação de palavras com metade das tentativas positivas (a palavra pronunciada corresponde à palavra esperada) e metade negativas (a palavra proferida não corresponde à palavra esperada).

No que diz respeito ao sistema de classificação de sibilantes, o mesmo verifica se o fonema sibilante foi pronunciado corretamente através de um classificador de sibilantes [5]. Utilizando os exemplos anteriores, no caso de a criança dizer *sapo* este reconhece que a criança disse a sibilante [s], no entanto, se a mesma disser *chapo*, em vez de *sapo*, reconhece que a criança realizou a sibilante [ʃ].

O classificador de sibilantes contém uma rede neuronal com camadas convolucionais (CNN), as quais podem captar padrões essenciais em determinados níveis de abstração. A CNN usa bancos de filtros *log Mel* como input. De modo a classificar o mais corretamente possível as produções das sibilantes, este classificador possui dois modelos: um para classificar o local de articulação e outro para classificar se ocorreu vozeamento.

O resultado obtido do sistema de classificação de sibilantes, consiste em cinco percentagens distintas. Estas estão agrupadas em dois grupos, sendo cada um destes, o resultado de cada um dos modelos referidos, ou seja, referem-se à utilização ou não das pregas vocais ou ponto de articulação utilizado na produção do som. A soma de todas as percentagens de cada grupo dá sempre um total de cem. O primeiro grupo (pregas vocais) contém apenas dois valores, um para quando a criança não está a utilizar as cordas e outro para quando está. Já o segundo grupo (ponto de articulação), compreende os restantes três valores, sendo cada um deles para quando a criança utiliza cada um dos seguintes pontos de articulação (Figura 2.2): lábio inferior (*labiodental*); encontro da ponta da língua com os alvéolos dentários (*alveolar*); parte anterior da língua e como articulador passivo,

a região entre o palato duro e o alvéolo (*palato-alveolar*). Cada combinação entre os dois grupos corresponde a uma consoante distinta, contendo não só as consoantes sibilantes, mas sim todas as consoantes fricativas (consoantes sibilantes, [f] de festa e [v] de vespa). Na tabela 3.1 encontra-se explicito através de que junções se obtém determinado fonema.

Uso da cordas vocais	Local de articulação		
	Labiodental	Alveolar	Palato-alveolar
Sem utilização	[f]	[s]	[ʃ]
Com utilização	[v]	[z]	[ʒ]

Tabela 3.1: Classificação dos fonemas fricativos por ponto de articulação e uso das pregas vocais

Ocorreram algumas complicações a fim de se testar o sistema de classificação de sibilantes durante o desenvolvimento do jogo dos pares, uma vez que, devido à quarentena imposta, às aulas das crianças online e através de telescola, não foi possível testá-lo com as mesmas. Assim, utilizaram-se gravações já em posse de elementos pertencentes ao projeto de crianças, utilizadas anteriormente como material para treinar o servidor. Tal situação levantou alguns desafios. No entanto, através destes testes conseguiu-se verificar que os valores dos sons obtidos através da aplicação e os obtidos diretamente do servidor não eram iguais. Porém essa diferença é mínima, não influenciando assim a correção da classificação dos sons.

Nenhum dos dois jogos desenvolvidos neste dissertação pretendem substituir o(a) terapeuta e é importante permitir que o(a) mesmo(a) possa controlar o jogo quando pretender. Desta forma, em ambos os jogos, o(a) terapeuta terá a capacidade de classificar manualmente o par selecionado como correto ou como uma tentativa falhada e assim substituir a informação dos sistemas utilizados para a classificação das palavras e das sibilantes. Para tal, basta utilizarem algumas teclas presentes no teclado especificadas no manual de utilizador (Anexo II). Porém, uma vez que esta funcionalidade é destinada aos(às) terapeutas, a mesma só estará disponível quando o jogo é usado através da aplicação do(a) terapeuta.

### 3.11 Outros jogos integrados na plataforma

Além dos jogos desenvolvidos nesta dissertação, foram também integrados na plataforma outros jogos desenvolvidos no contexto do projecto BioVisualSpeech. Tal como os dois jogos propostos nesta dissertação (o jogo dos pares e o jogo do labirinto) alguns destes outros jogos são também direccionados ao sigmatismo: o jogo das sibilantes isoladas, o tutor virtual *Frica* para treino de sibilantes e outras fricativas, o jogo *DIGA*, e o Preparar, Apontar, Fala: um jogo sério para crianças com sigmatismo. Foi também integrado um outro jogo direccionado para desvios da voz, o jogo da vogal sustentada. Todos estes jogos podem ser escolhidos na parametrização oferecida aos(às) terapeutas de modo a estarem

visíveis para as crianças. Em adição a essa parametrização, uma vez que alguns destes jogos oferecem parametrizações específicas, as mesmas também se encontram disponíveis.

O **jogo das sibilantes isoladas** (Figura 3.28) é uma adaptação do exercício da sibilante isolada, usado na primeira fase de terapia para sigmatismo [5, 6]. Neste exercício, as crianças praticam a produção das sibilantes isoladas, ou seja, produzem apenas a sibilante e não uma palavra com a sibilante. Este jogo deve ser usado antes dos jogos dos pares e labirinto. Neste jogo há um cenário próprio para cada sibilante. A criança tem que proferir a sibilante corretamente e durante um determinado tempo para a personagem chegar ao outro lado do ecrã.



Figura 3.28: Jogo das Sibilantes Isoladas. Este jogo usa um cenário e uma personagem ou tema diferente para cada sibilante: serpente para o fonema sibilante [s]; abelha para o fonema [z]; joaninha para o fonema [ʒ]; chuva para o fonema [ʃ].

*Frica* é uma tutora virtual (Figura 3.29), que permite praticar a produção das consoantes sibilantes assim como das outras duas fricativas (sendo estas as consoantes [f] e [v]) [5]. A aplicação da tutora *Frica* pode ser combinada com vários exercícios de terapia, não sendo assim, o típico jogo com um objetivo a que estamos habituados. *Frica*, a tutora muda a sua expressão facial tendo em conta o desempenho da criança. Quando as mesmas executam a consoante sibilante na zona de articulação correta, a tutora sorri, caso contrário a tutora fica com uma cara séria. Para além disso, de modo a auxiliar a criança a perceber como corrigir a produção das fricativas, existe uma imagem simplificada do trato vocal sobre o perfil de uma figura de uma criança, que mostra o ponto de articulação que as crianças estão a utilizar ao dizer a consoante e se utilizaram as pregas vocais. A imagem simplificada do trato vocal está também disponível no jogo das sibilantes isoladas.

No contexto desta dissertação, foram realizadas algumas alterações ao jogo das sibilantes isoladas e à tutora *Frica*. Nas suas versões originais, estas duas aplicações não têm um





Figura 3.29: Frica, a tutora virtual para treino das consoantes fricativas do português europeu.

sistema de recompensas. Deste modo, para motivar as crianças a usarem estas aplicações com regularidade, treinando assim mais vezes, liguei o jogo das sibilantes isoladas ao sistema de recompensas que desenvolvi. Mais concretamente, implementei o ganho de dez moedas ao se concretizar corretamente o jogo. Uma vez que o jogo *Frica* não contém um objetivo claro, podendo ser utilizado de diferentes maneiras, a criança nunca tem um feedback de ter finalizado o mesmo. Devido a isso, e ao facto de não utilizar a personagem que identifica a criança como ocorre, por exemplo, no caso do jogo do labirinto, este jogo não permite que haja uma ligação entre o mesmo e o sistema de recompensas do sistema. Foram também realizadas outras alterações a nível dos gráficos:

- No jogo das sibilantes isoladas, movi o tutor presente no mesmo para um local onde interferisse o mínimo possível com as animações do jogo.
- Na *Frica*, de modo a tornar o jogo mais infantil e apelativo para as crianças, modifiquei o fundo do mesmo e removi o fundo da imagem da tutora de modo à mesma ficar com um aspeto mais natural.
- Alterei a imagem que mostra a zona de articulação em ambos os jogos, para que a mesma tenha sempre em conta o sexo da criança, algo que, apesar da existência da imagem da criança feminina, não estava implementado.

Tal como os dois jogos propostos nesta dissertação (ou seja, os jogos dos pares e do labirinto), o jogo *DIGA* (Figura 3.30), pode ser usado para treinar a articulação de palavras com sibilantes [1]. Porém, tem de se ter em atenção que este jogo pode considerar correta uma palavra cujo consoante sibilante não tenha sido bem pronunciado. Isto pode ocorrer, pois, para classificar o que a criança profere, só utiliza o servidor das palavras, ou seja, não analisa a correção da consoantes sibilante produzido pela criança.



Figura 3.30: Jogo DIGA. (a) Página inicial do jogo. Esta página permite: sair do jogo; visualizar as instruções; parametrizar as palavras utilizadas; jogar o jogo. (b) Página antecedente ao início do jogo. Permite a seleção do cenário e do nome a apresentar durante o jogo. (c) e (d) Correspondem a imagens do jogo a decorrer.

Ao contrário do jogo das sibilantes isoladas e da tutora *Frica*, o jogo *DIGA* não se encontra completamente integrado na plataforma, uma vez que houve uma incompatibilidade de versões entre as aplicações. Assim, optou-se por se abrir o *DIGA* como uma aplicação externa que se encontra inserida na plataforma. Deste modo, ao contrário do que acontece com os jogos referidos anteriormente, que correm na janela da aplicação das crianças, o jogo *DIGA* abre-se numa nova janela. Devido a tal, o sistema de recompensas existente na plataforma não se estende a este jogo. Para além disso, as parametrizações específicas do jogo só se encontram no mesmo.

Integrei ainda o jogo **preparar, apontar, fala: um jogo sério para crianças com sigmatismo**, que pode ser visualizado na Figura 3.31 [43]. Este jogo, tal como os dois jogos desenvolvidos nesta dissertação, é utilizado para praticar palavras que começam com consoantes sibilantes. Porém, de forma idêntica ao jogo *DIGA*, este só utiliza um servidor: o servidor das palavras. Deste modo, não é avaliada a correta produção das consoantes sibilantes. Este jogo contém ainda diferentes níveis, mas, contrariamente aos que desenvolvi, não possui um sistema de adaptação dinâmica de dificuldade. Possui também um pequeno sistema de recompensas que, se baseia na coleção de canhões e bonecos de outras cores que futuramente, podem ser usados durante o jogo.

Este jogo, em oposição ao que acontece no jogo *Frica* e no jogo das sibilantes isoladas, oferecia parametrizações específicas no mesmo. Devido a isso, tive de alterar ligeiramente



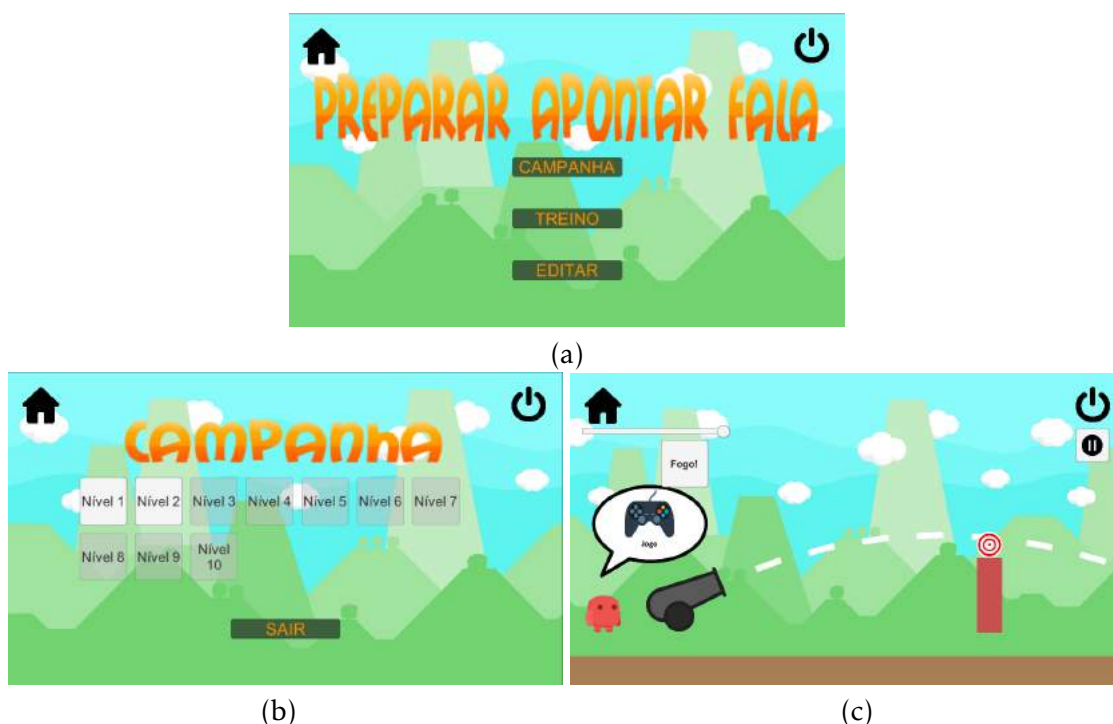


Figura 3.31: Jogo Preparar, Apontar, Fala: um jogo sério para crianças com sigmatismo. (a) Página inicial do jogo. Nesta página as crianças podem optar pelo modo de jogo (campanha) ou de treino. Podem ainda seleccionar que cor querem para o canhão e/ou personagem. (b) Página dos níveis. Página antecedente ao jogo onde as crianças seleccionam o nível a que pretendem jogar. (c) Corresponde ao jogo que está a decorrer.

o início do jogo de modo a que estas não aparecessem no jogo em si, mas sim no lugar apropriado para tal, isto é, na parametrização.

Com o intuito de tornar este sistema o mais amplo possível, não o focando apenas para as crianças com problemas de sigmatismo, integrei ainda um jogo para crianças com problemas na voz. O **jogo da vogal sustentada** (Figura 3.32) utiliza, tal como o nome indica, o exercício da vogal sustentada que serve para corrigir problemas de voz [36, 58]. Este jogo tem um pequeno sistema de recompensas. Contém ainda uma parametrização no próprio jogo, visto que, como ocorreu no jogo *DIGA*, a versão deste jogo também não é compatível com a do sistema desta dissertação. Para além disso, este foi desenvolvido com o intuito de ser utilizado durante as sessões de terapia e não em casa. Tal facto, faz com que não haja problema em as parametrizações estarem na mesma aplicação que a criança usa. Devido às diferentes versões, mais uma vez, optou-se por abrir este jogo como uma aplicação externa.



Figura 3.32: Jogo da Vogal Sustentada. (a) Página inicial do jogo. Nesta página os(as) terapeutas podem adicionar e verificar as crianças que possuem. (b) Página inicial. Esta página permite aos(às) terapeutas escolherem se querem parametrizar o jogo ou se pretendem que as crianças joguem. (c) Página com todos os cenários do jogo. Nesta página as crianças verificam todos os cenários disponíveis, tendo em conta a parametrização do(a) terapeuta; também podem escolher em qual pretendem jogar. (d) Corresponde ao jogo a decorrer.

## VALIDAÇÃO

A validação deste sistema é algo crucial para que o mesmo vá ao encontro dos seus objetivos. Isto porque, através da mesma, pode-se verificar se o sistema está de acordo com a idade alvo pretendida. Para além disso recebem-se e testam-se opiniões de diferentes terapeutas e todas as funcionalidades implementadas, de forma a verificar se estão a funcionar como desejado. Porém, esta fase decorreu durante a pandemia *COVID-19* e, por isso, não se conseguiu a colaboração de tantos(as) terapeutas e crianças como inicialmente planeado. Assim sendo, resultou num processo difícil e demorado. Este questionário pode ser observado no Anexo I.

Este capítulo discute os testes do sistema bem como as conclusões que se podem extrair através do resultado dos mesmos. Para efetuar uma validação completa ao sistema e obter o máximo de opiniões possível, de modo a melhorar o mesmo, realizou-se um inquérito a diversos(as) terapeutas. Assim, iremos analisar e tirar conclusões sobre as respostas dadas pelos(as) mesmos(as) durante este capítulo.

Outro aspeto muito importante que se tornou extremamente difícil, devido à conjuntura atual, foi a realização do teste do sistema com as crianças. Só através do mesmo se consegue verificar como as crianças reagem à aplicação, aos jogos e a todos os sistemas implementados, podendo assim aferir certos pormenores que, através dos questionários dos(as) terapeutas, só se podem estimar. Felizmente, um(a) dos(as) terapeutas com quem se conseguiu entrar em contacto e que tinha disponibilidade para auxiliar na validação deste sistema, voluntariou-se para testar o mesmo com uma criança.

Os questionários encontram-se ambos disponíveis em anexo (Anexo I e Anexo IV). Para finalizar este capítulo tirou-se uma conclusão geral procedente dos resultados das duas metodologias de validação.

Nos questionários destinados aos(às) terapeutas da fala e nos questionários sobre as crianças, utiliza-se muitas vezes, a escala *Likert* [34]. Esta escala, consiste numa escala com

um número de opções ímpar, que varia de uma atitude extrema a outra. Normalmente inclui uma opção neutra. Através das várias opções de resposta oferece uma posição mais específica relativamente à pergunta. Nestes questionários a escala *Likert* utilizada foi sempre a de cinco pontos.

Com os questionários, pretendeu-se analisar diversos aspetos:

- Verificar com que regularidade é que os(as) terapeutas utilizam ferramentas computacionais durante as suas sessões.
- Verificar a utilidade do sistema de recompensas, bem como do sistema de dicas e ainda da existência de diversos níveis.
- Verificar a pertinência da dificuldade dos vários níveis.
- Verificar se um sistema de adaptação dinâmica de dificuldade, tendo em conta o desempenho das crianças, é algo considerado útil por parte dos(as) terapeutas.
- Verificar a utilidade da parametrização e informação oferecida aos(às) terapeutas.
- Verificar a utilidade da existência de diversos jogos numa só aplicação.
- Verificar a adequação do feedback oferecido às crianças, tanto a nível visual como sonoro.
- Verificar a adequação dos diferentes níveis e modos de jogo.
- Verificar a adequação do design para as crianças e da utilização quer para as crianças quer para os(as) terapeutas.
- Verificar se as crianças tiveram alguma dificuldade na realização dos jogos.
- Verificar se as crianças gostaram do sistema de recompensas presente e se o mesmo surtiu o efeito desejado.
- Verificar se as dicas presentes nos jogos foram úteis para a criança.

### 4.1 Participantes

Para a obtenção de respostas para estes questionários contactaram-se diversos(as) terapeutas. Devido ao estado mundial atual referido anteriormente, com a pandemia do *COVID-19*, em que as pessoas vivem restringidas de certos aspetos e com a necessidade de muitos mais cuidados, teve de existir uma adaptação que resultou em muito trabalho extra. Por consequência, proveio um baixo número de respostas face às tentativas efetuadas.

Após contactar nove terapeutas, apenas obtive resposta de quatro, sendo todas do sexo feminino e que trabalham todas com crianças. Algumas dessas terapeutas têm mais de

vinte anos de experiência, porém, outras começaram a exercer a sua profissão há poucos anos.

## 4.2 Ferramenta Computacional

Através do questionário feito aos(as) terapeutas conseguiu-se concluir que os(as) mesmos(as) não utilizam este género de ferramentas com muita regularidade, mas sim esporadicamente. Assim, a resposta de todos(as) os(as) terapeutas à questão relativa à frequência de utilização de ferramentas computacionais nas sessões de terapia foi unânime ao selecionarem a opção "Às vezes" entre as cinco disponíveis: "Nunca"; "Raramente"; "Às vezes"; "Muitas vezes"; "Sempre". Contudo, foram da opinião que não só gostariam de utilizar a aplicação designada para elas nas suas sessões, bem como recomendariam o uso da mesma em casa às crianças.

No que diz respeito ao aspeto visual da aplicação, todos(as) terapeutas gostaram, achando que o mesmo era adequado para a faixa etária das crianças que normalmente realiza terapia da fala (dos três aos nove anos). Também se conseguiu verificar que todos(as) os(as) terapeutas consideraram a utilização da aplicação, tanto para as crianças como para os(as) próprios(as), como sendo adequada, fácil ou mesmo intuitiva. Estes dois aspetos são de extrema importância especialmente no que toca às crianças, visto que uma aplicação intuitiva/de fácil utilização e apelativa para as mesmas motiva-as a uma utilização mais frequente. Se a aplicação não fosse apelativa as crianças nem se iriam lembrar que tinham a mesma, visto que não lhes iria chamar a atenção e, deste modo, nem iriam querer utilizá-la por iniciativa própria. Se fosse apelativa mas de difícil utilização, as crianças até poderiam querer utilizá-la, mas depois ficariam frustradas e desmotivadas por não conseguirem perceber como mexer na mesma, deixando assim de a utilizar.

## 4.3 Especificidades Existentes no Sistema

Como foi referido anteriormente, este sistema apresenta diversas especificidades e, como tal, é importante saber a opinião dos especialistas em relação às mesmas. Só assim, se consegue ter a certeza de que estas são úteis e adequadas para o que se pretende do sistema. Nessa perspetiva, através do questionário, pode-se verificar que os(as) terapeutas tiveram uma opinião idêntica no que toca às mesmas.

As respostas relacionadas com as perguntas relativas à vantagem dos sistemas existentes (sistema de recompensas; de dicas e a existência de vários níveis) (Figura 4.1) foram todas positivas. Os(as) terapeutas consideraram a existência de diversos jogos numa só aplicação útil; também a adaptação dinâmica da dificuldade existente foi considerada uma boa estratégia para adequar o melhor nível à criança tendo em conta o seu desempenho (Figura 4.2).

Outra preocupação a se ter em conta é a dificuldade dos níveis para as crianças, visto que os mesmos têm de ser desafiantes mas não excessivamente difíceis para que estas

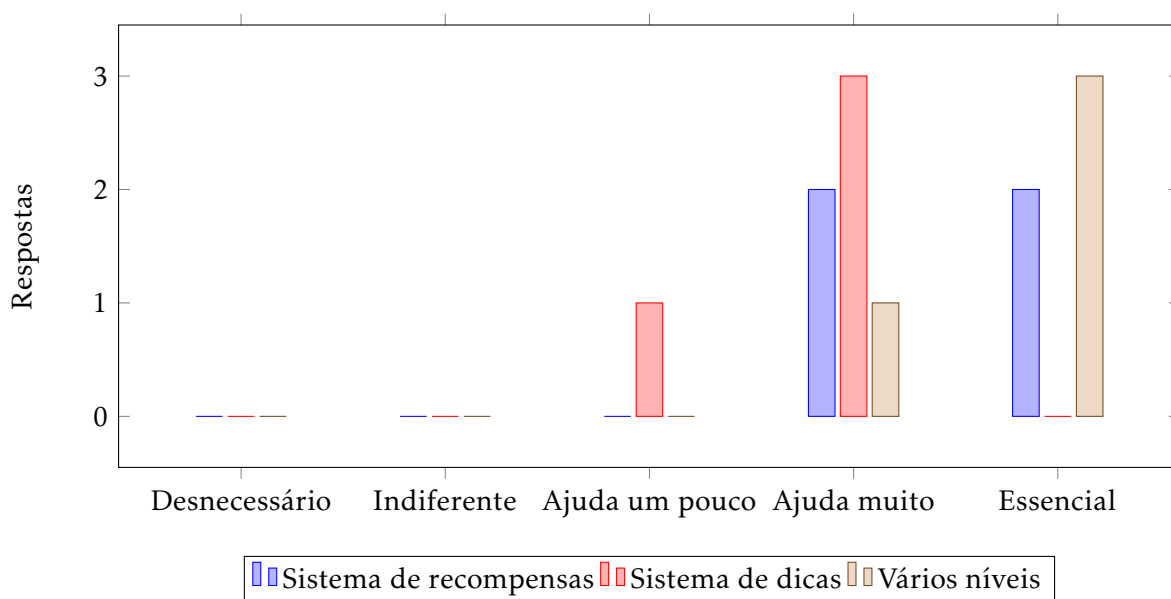


Figura 4.1: Utilidade dos diversos sistemas existentes

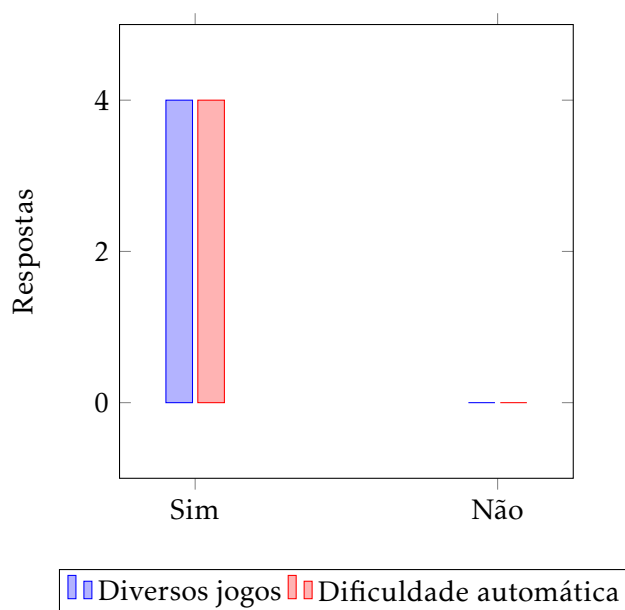


Figura 4.2: Utilidade de diversas ferramentas existentes

não desmotivem. Deste modo no questionário incluiu-se uma questão sobre os mesmos. Nela, os(as) terapeutas consideraram que os mesmos eram adequados para as crianças, selecionando em unanimidade a opção "Adequados" entre as cinco opções disponíveis, que começavam com a opção "Muito fáceis" terminando com a "Muito difíceis".

#### 4.4 Parametrização e Informação

Visto verificar-se a existência de duas aplicações e como este sistema também tem como objetivo auxiliar os(as) terapeutas a seguir o treino das crianças e a apropriarem-se dos

respetivos resultados, é importante analisar-se a pertinência destas duas funcionalidades. Assim, questionaram-se os(as) terapeutas acerca das parametrizações oferecidas e da capacidade de obter informações retiradas do desempenho das crianças durante os seus treinos.

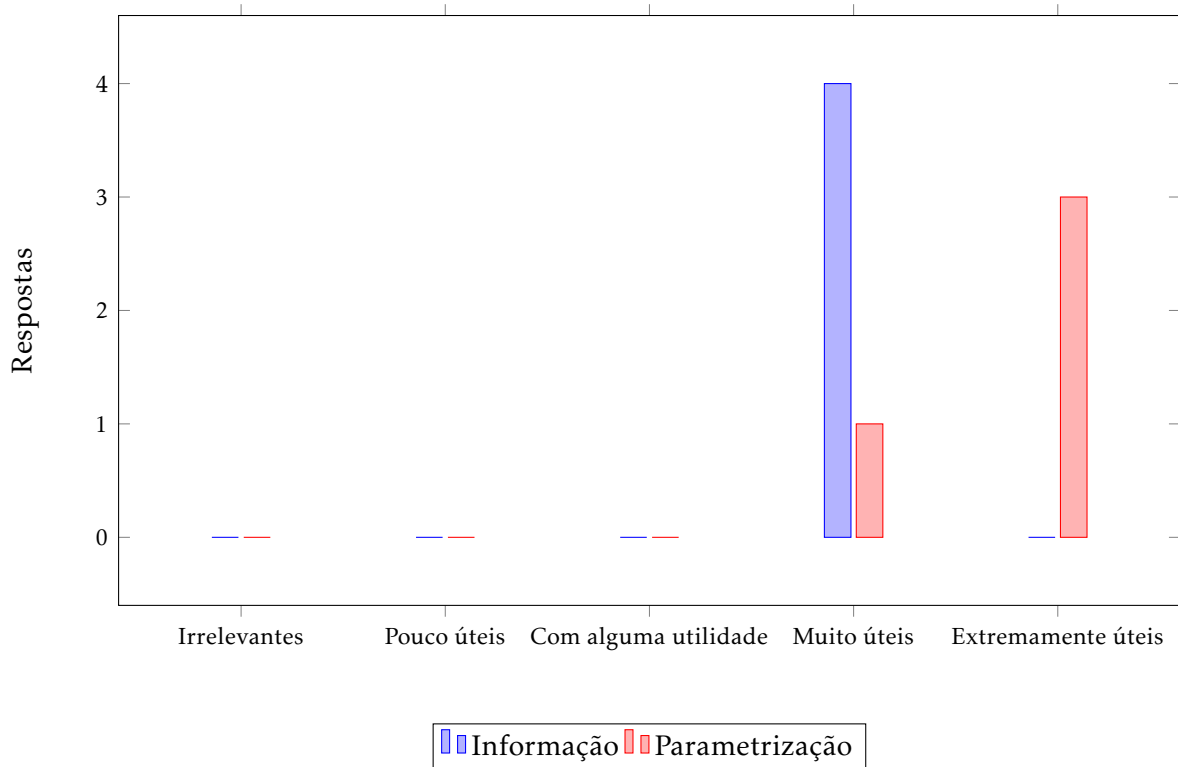


Figura 4.3: Utilidade da informação e parametrização para os(as) terapeutas

Mais uma vez, em ambas as funcionalidades oferecidas às terapeutas as respostas foram todas positivas, sendo ambas sempre consideradas como uma funcionalidade muito útil ou mesmo extremamente útil.

Futuramente, para se conseguir melhorar ainda mais estas funcionalidades questionou-se ainda aos(as) terapeutas se, na sua opinião, haveria algo mais que se pudesse adicionar tanto à parametrização como às informações de forma a que lhes fosse útil. Nestas questões as opiniões já divergiram, havendo respostas tanto negativas como positivas.

No caso dos(as) terapeutas que responderam de forma positiva à questão de existirem mais informações para além das obtidas nos treinos das crianças, os(as) mesmos(as) sugeriram: a utilidade de se referir também o número de insucessos e de ajudas utilizadas pela criança.

## 4.5 Questionário Sobre as Crianças

Como já foi referido, devido a toda a situação ocorrente, só se conseguiu realizar o teste com uma criança, no qual as únicas pessoas presentes foram o(a) terapeuta e a própria

criança. Deste modo, o(a) terapeuta respondeu a um pequeno questionário extra sobre o desempenho da criança. Esta criança era do sexo masculino, tinha seis anos, quase sete, frequentava o segundo ano de escolaridade e tinha o diagnóstico terapêutico de perturbação dos sons da fala, ou seja, sigmatismo. Esta criança começou a frequentar a terapia da fala aos cinco anos de idade.

Através deste questionário conseguiu-se perceber que a criança, não mostrou qualquer tipo de dificuldade no jogo dos pares. Porém, no jogo do labirinto, nos primeiros cinco minutos a mesma teve alguma dificuldade devido à parte 3D do mesmo, uma vez que não estava habituada a este tipo de jogo. Mas, com alguma ajuda, passou a conseguir jogar. Esta dificuldade apresentada pela criança era esperada, visto que, como já foi referido, o jogo do labirinto foi desenvolvido direccionado para as crianças mais velhas devido à sua jogabilidade e ao seu design.

A criança demonstrou ter gostado do design tanto da aplicação como dos jogos. O(a) terapeuta também referiu que foi clara a motivação que adveio do facto de a mesma ter demonstrado bastante interesse no sistema de recompensas.

No que toca ao sistema de dicas, segundo o(a) terapeuta a criança necessitou de algumas das dicas presentes nos jogos e as mesmas foram muito úteis para a criança. A mesma, experimentou diversos níveis, o qual mais uma vez, se mostrou como muito motivador para a mesma.

O(a) terapeuta respondeu ainda no questionário, que a criança gostou de utilizar a aplicação. Tal, é um indicativo que a aplicação e os jogos são apelativos para as crianças, e que os diversos sistemas implementados cumprem os seus objetivos.

### 4.6 Conclusões dos Questionários

Após a análise dos questionários, podemos tirar as seguintes conclusões:

- Os elementos gráficos do sistema são adequados e apelativos para crianças.
- O facto da aplicação ter diversos jogos é algo que traz benefícios, assim como o facto da aplicação dos(as) terapeutas conter a aplicação das crianças também o revela ser.
- A existência de dificuldade adaptada automaticamente é uma boa estratégia para a melhor adequação dos níveis às necessidades das crianças.
- A existência de diversos níveis é algo que quebra a monotonia dos treinos e que impede a desmotivação das crianças, sendo assim, algo útil.
- A dificuldade dos diferentes níveis e jogos está apropriada para as crianças a que se destinam.
- Para as crianças não desmotivarem às primeiras dificuldades é útil a utilização do sistema de dicas. Neste caso, é de referir que é especialmente benéfico o facto de as



primeiras dicas oferecidas à criança não serem muito diretas no que diz respeito ao que as mesmas têm de fazer, pois isso obriga-as a pensar no que terão feito mal.

- O sistema de recompensas para motivar as crianças é algo que agrada aos(às) terapeutas pois as crianças parecem gostar de coisas personalizadas, de puzzles que se vão completando e de colecionar objetos. Assim as crianças têm um incentivo extra para efetuar mais jogos, nos quais vão treinando as suas dificuldades.
- A utilização da aplicação quer para os(as) terapeutas, quer para as crianças está fácil/adequada aos(às) mesmas.
- A funcionalidade de os(as) terapeutas parametrizarem os treinos das crianças é benéfica e útil para uma melhor adaptação dos treinos às crianças tendo em conta as suas necessidades.
- A informação retirada da performance dos treinos das crianças que é oferecida aos(às) terapeutas é considerada útil pelos(as) mesmos(as). Segundo eles(as), permite-lhes adaptar tanto as sessões, como o treino das crianças em casa de forma a obterem uma melhor noção do avanço ou dificuldades das mesmas. No entanto, existem mais informações que não estão disponíveis e que poderiam ser úteis oferecer aos(às) terapeutas, tais como, o número de insucessos e de ajudas utilizado.
- No geral os(as) terapeutas gostaram bastante do sistema, sendo que utilizariam a aplicação destinada às mesmas nas sessões de terapia e que recomendariam a utilização da aplicação das crianças para treinarem em casa.



## CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo irá finalizar-se esta dissertação, expondo as conclusões da mesma na secção 5.1 e, para finalizar, na secção 5.2, o trabalho a realizar futuramente.

### 5.1 Conclusão

Nesta dissertação propomos um sistema para plataformas *Windows* que suporta a integração de vários jogos para terapia da fala partilhando um sistema de recompensas, parametrização e recolha de informação. A sua finalidade é permitir aos(as) terapeutas um melhor acompanhamento dos treinos efetuados pelas crianças bem como o desempenho das mesmas. Propomos também dois jogos para aquelas que têm dificuldades na articulação das consoantes sibilantes. Este sistema foi projetado tendo em conta que este tipo de jogos tem um enorme potencial para auxiliar na terapia da fala das crianças. Isto porque, para além de ser atraente é apropriado para esta faixa etária, para as habilidades cognitivas e emocionais das crianças. É um sistema apelativo para as crianças que, atualmente, já estão extremamente familiarizadas com diversas aplicações e jogos digitais. São algo de que as mesmas gostam, havendo assim alguma facilidade em quebrar a monotonia dos treinos, existindo ainda a hipótese de as motivar das mais diversas formas. Para além disso, com este sistema as crianças podem treinar fora das sessões de terapia. Para tal, não necessitam da supervisão de qualquer adulto, sendo que quanto mais as crianças treinarem, mais rapidamente conseguem ultrapassar as suas dificuldades. Ademais, os(as) terapeutas poderão ter acesso às informações dos treinos realizados em casa pelas crianças de modo a facilitar as futuras sessões de terapia. Outro motivo importante aquando da criação deste sistema foi o facto de serem poucos os sistemas existentes para este importante problema em especial, para o português europeu.

O sistema proposto contém uma aplicação específica para os(as) terapeutas e outra

para as crianças. Para além das informações sobre os treinos, os(as) terapeutas também têm a possibilidade de parametrizar os treinos das crianças da forma que lhes for mais conveniente, uma vez que, diferentes crianças têm diferentes dificuldades e patologias. Outra vantagem, é que podem utilizar os jogos presentes no sistema durante as sessões de terapia, caso a criança não tenha um dispositivo compatível com as especificações necessárias para a execução da aplicação. O sistema integra diversos jogos, sendo os desenvolvidos nesta dissertação o jogo dos pares e o jogo do labirinto. Em ambos se utilizam dois servidores com classificadores de produções de fala, cada um com o seu propósito. Servidores esses, já existentes na altura da realização desta dissertação.

O jogo do labirinto consiste em a criança superar todos os obstáculos presentes no mapa e, após terminal essa tarefa dirigir-se para o tesouro. De modo a superar os obstáculos, terá de proferir o nome da imagem presente nos mesmos prolongando ligeiramente a consoante sibilante. Já para se movimentar no mapa, terá de utilizar as setas presentes no teclado e o rato para rodar a câmara do jogo.

O jogo dos pares contém diversos níveis e dois modos distintos. Tanto os níveis como os modos contém algumas diferenças em termos de jogabilidade. Na base dos três primeiros níveis as crianças têm como objetivo encontrar os pares e depois proferirem, tal como no jogo do labirinto, a palavra presente nos mesmos prolongando a consoante sibilante, ou somente a consoantes sibilante de forma prolongada. Nos dois últimos níveis, têm de seleccionar os pares das cartas que contenham o mesmo som, em vez de selecionarem a mesma imagem. Este jogo tem ainda uma dificuldade adaptada automaticamente tendo em conta a performance da criança durante o presente nível, bem como um sistema de dicas de modo a que a criança não desmotive. É ainda relevante referir que existe um artigo que faz uma abordagem a diversos jogos para a terapia da fala onde, inclusivé, este jogo também está incluído [48].

Visto que as crianças diferentes possuem dificuldades distintas, um jogo somente com uma dificuldade muito dificilmente irá ao encontro das necessidades de todas as crianças que o utilizam. Assim, e de modo não frustrar nem desmotivar as crianças pelo nível de dificuldade desadequado, implementou-se um ajuste de dificuldade dinâmico, adaptando o nível e, por conseguinte a dificuldade, às crianças tendo em conta o seu desempenho. Este ajuste de dificuldade dinâmico presente no jogo dos pares tem em conta a precisão da criança na execução do exercício, isto é, tem em conta tanto o desempenho vocal como o desempenho local da criança em cada uma das consoantes sibilantes. Deste modo, torna-se mais complexo e impele a criança a melhorar de modo a passar de nível, o que não sucedia se ligasse simplesmente para a percentagem de palavras que a criança acertou.

Estes jogos foram implementados com uma arquitetura cliente-servidor, sendo que, todas as classificações dos sons produzidos pelas crianças são processadas nos servidores, permitindo assim a não sobrecarga do jogo. Esta ferramenta contém ainda um sistema de recompensas comum para todos os jogos integrados no mesmo exceto o *DIGA*. Tendo o intuito de motivar as crianças está presente por todo o sistema, com o objetivo de que as mesmas queiram treinar/jogar mais vezes.

Com todas as características presentes neste sistema, obtemos uma solução não só complexa, como também a mais completa existente hoje em dia. Deste modo, oferece-nos uma experiência dinâmica, independente de correções exteriores, motivadora, informativa e personalizável para os problemas de cada criança, com múltiplos jogos e que permite o treino fora das sessões de terapia. Algo que tendo em conta a pandemia mundial em que nos encontramos atualmente é uma enorme vantagem nesta aplicação.

De modo a facilitar a utilização deste sistema, quer para os utilizadores, como para programadores futuros que pretendam aprimorar ainda mais este sistema, é de se referir que nos anexos, se encontra: o manual de utilizador (Anexo II); o manual de programador (Anexo III). Para além destes, encontram-se também, como já se mencionou, os questionários (Anexo I e Anexo IV). Assim, caso existam algumas dúvidas para os utilizadores, os mesmos terão onde as esclarecer e os programadores terão uma maior facilidade na adição de novos jogos pois já saberão o que deverão fazer.

## 5.2 Trabalho Futuro

Estando a tecnologia constantemente em evolução, à medida que se criam novas ferramentas pode ser conveniente alterar certos aspetos deste sistema, de modo a se tirar vantagem das coisas novas. Poder-se-ão adicionar novas funcionalidades, ou enriquecer as funcionalidades já existentes. Poder-se-á ainda, inserir jogos que se venham a desenvolver futuramente, não só para as consoantes sibilantes como também para outros problemas que a terapia da fala aborde.

Um aspeto importante para o futuro, será a realização de mais testes ao sistema com as crianças da faixa etária para o qual o sistema se destina, uma vez que só se conseguiu arranjar um participante devido à pandemia atual (*COVID-19*). Desse modo, poder-se-á realizar uma verificação e avaliação das funcionalidades a nível do seu objetivo. Assim como, fazer uma avaliação mais exata e precisa através da obtenção do *feedback* de mais crianças com idades e sexo distintos.

Outro aspeto que, futuramente, se pode modificar/melhorar, diz respeito à localização das consoantes sibilantes nas palavras. Poder-se-ão assim, utilizar consoantes sibilantes localizadas em outros locais nas palavras e não apenas, simplesmente, no início das mesmas. Adaptando o trabalho realizado, também se poderão utilizar várias consoantes sibilantes em simultâneo na mesma palavra, verificando-se se todas elas foram proferidas corretamente.

O sistema de recompensas também é algo que, no futuro, poderá ser melhorado adicionando outras personagens. As mesmas poderão não ser humanas, como por exemplo carros, flores, animais, fadas, entre outros. Também poderá ser permitida uma maior personalização dessas mesmas personagens pela criança. Um exemplo seria dividindo os objetos existentes em categorias como sapatos, vestidos, camisolas, etc. Claro que, ao se adicionar vários tipos de personagens, as categorias dos objetos teriam de ser adequadas

a cada uma. No caso da personagem ser um carro, por exemplo, algumas das categorias poderiam ser: cor, jantes, pneus, tejadilho, entre outros.

No caso dos jogos, para além de, futuramente, se poderem adicionar outros a este sistema, pode-se passar a extrair informações dos jogos que foram integrados tal como se faz tanto no jogo dos pares como no jogo do labirinto. No jogo do labirinto, posteriormente, poder-se-ão criar diferentes níveis bem como um sistema de adaptação dinâmico de dificuldade. Já no jogo dos pares, pode-se-á alargar o sistema de adaptação dinâmico de dificuldade já existente, para o mesmo passar a incluir os dois últimos níveis do jogo.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Abad, A. Pompili, A. Costa e I. Trancoso. “Automatic word naming recognition for treatment and assessment of aphasia”. Em: *13th Annual Conference of the International Speech Communication Association 2012, INTERSPEECH 2012 2* (jan. de 2012).
- [2] D. R. Alex Rietveld Sander Bakkes. “Circuit-Adaptive Challenge Balancing in Racing Games”. Em: 2014.
- [3] E. S. Andreia Prates. “A Terapia da Fala em Portugal”. Em: (2011). URL: <http://200.144.145.24/dic/article/view/9114>.
- [4] C. S. Andrew J. Bremner David J. Lewkowicz. *Multisensory Development*. 2012. ISBN: 978-0-19-958605-9.
- [5] I. Anjos, M. Eskenazi, N. Marques, M. Grilo, I. Guimarães, J. Magalhães e S. Cavaco. “Detection of Voicing and Place of Articulation of Fricatives with Deep Learning in a Virtual Speech and Language Therapy Tutor”. Em: *Proc. Interspeech 2020*. 2020, pp. 3156–3160. DOI: [10.21437/Interspeech.2020-2821](https://doi.org/10.21437/Interspeech.2020-2821). URL: <http://dx.doi.org/10.21437/Interspeech.2020-2821>.
- [6] I. Anjos, M. Grilo, M. Ascensão, I. Guimarães, J. Magalhães e S. Cavaco. “A Serious Mobile Game with Visual Feedback for Training Sibilant Consonants”. Em: *Advances in Computer Entertainment Technology*. Ed. por A. D. Cheok, M. Inami e T. Romão. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 430–450. ISBN: 978-3-319-76270-8.
- [7] A. A. Anna Pompili Pedro Fialho. “VITHEA: On-line word naming therapy in Portuguese for aphasic patients exploiting automatic speech recognition”. Em: 2011.
- [8] *Articula*. URL: <http://www.dwitmee.com/>.
- [9] J Barratt, P Littlejohns e J Thompson. “Trial of intensive compared with weekly speech therapy in preschool children.” Em: *Archives of Disease in Childhood* 67.1 (1992), pp. 106–108. ISSN: 0003-9888. DOI: [10.1136/adc.67.1.106](https://doi.org/10.1136/adc.67.1.106). eprint: <https://adc.bmj.com/content/67/1/106.full.pdf>. URL: <https://adc.bmj.com/content/67/1/106>.

- [10] N. M. G. Bernard J. Baars. *Fundamentals of Cognitive Neuroscience*. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2011-0-04186-8>. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/vocal-tract>.
- [11] S. M. Bhogal SK Teasell R. *Intensity of aphasia therapy, impact on recovery*. 2003.
- [12] D. M. P. J. B. Bunnell H. Timothy / Yarrington. "STAR: articulation training for young children". Em: 2000.
- [13] M. Carvalho. "Interactive game for the training of portuguese vowels". 2008.
- [14] CIÊNCIAS DA DISCURSO, AUDIÇÃO E TELEFONIA. Última visita a 1/12/2019. URL: <https://www.phon.ucl.ac.uk/courses/spsci/iss/week6.php>.
- [15] *Convenções e Transcrição Fonética*. Última visita a 14/2/2020. URL: [http://cvc.instituto-camoes.pt/cpp/acessibilidade/capitulo2\\_1.html](http://cvc.instituto-camoes.pt/cpp/acessibilidade/capitulo2_1.html).
- [16] *Desktop vs Mobile vs Tablet vs Console Market Share in Portugal - February 2020*. URL: <https://gs.statcounter.com/platform-market-share/all/portugal/#monthly-201903-202003-bar>.
- [17] F. Destombes. *The development and application of the IBM speech viewer*. 1993. ISBN: 3-540-57150-7.
- [18] *Differential Diagnosis of Pediatric Speech Disorders Apraxia, Dysarthria, Phonological Disorder and Articulation Disorder*. Última visita a 1/12/2019. URL: [https://www.apraxia-kids.org/apraxia\\_kids\\_library/dysarthria/](https://www.apraxia-kids.org/apraxia_kids_library/dysarthria/).
- [19] M. Diogo, M. Eskenazi, J. Magalhães e S. Cavaco. "Robust scoring of voice exercises in computer-based speech therapy systems". Em: *2016 24th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*. 2016, pp. 393–397. DOI: [10.1109/EUSIPCO.2016.7760277](https://doi.org/10.1109/EUSIPCO.2016.7760277).
- [20] J. Duval, Z. Rubin, E. Márquez Segura, N. Friedman, M. Zlatanov, L. Yang e S. Kurniawan. "SpokeIt: building a mobile speech therapy experience". Em: set. de 2018, pp. 1–12. DOI: [10.1145/3229434.3229484](https://doi.org/10.1145/3229434.3229484).
- [21] *Fonética e Fonologia: Que diferença?* Última visita a 14/2/2020. URL: [http://cvc.instituto-camoes.pt/cpp/acessibilidade/capitulo3\\_1.html](http://cvc.instituto-camoes.pt/cpp/acessibilidade/capitulo3_1.html).
- [22] *Fonética e Fonologia: Que diferença?* Última visita a 23/12/2019. URL: [http://cvc.instituto-camoes.pt/cpp/acessibilidade/capitulo3\\_3.html](http://cvc.instituto-camoes.pt/cpp/acessibilidade/capitulo3_3.html).
- [23] S. R. Françoise Brosseau-Lapré. *Introduction to Speech Sound Disorders*. Primeira Edição. 2018.
- [24] C. D. A. Gordillo. "Reconhecimento de voz continua combinando os atributos MFCC e PNCC com metodos de robustez SS, WD, MAP E FRN". 2014. DOI: <https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.23090>.



- [25] M. Grilo, I. Guimarães, M. Ascensão, A. Abad, I. Anjos, J. Magalhães e S. Cavaco. “The BioVisualSpeech European Portuguese Sibilants Corpus”. Em: *Computational Processing of the Portuguese Language*. Ed. por P. Quaresma, R. Vieira, S. Aluísio, H. Moniz, F. Batista e T. Gonçalves. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 23–33. ISBN: 978-3-030-41505-1.
- [26] I. Guimarães. *A Ciência e a Arte da Voz Humana*. ESSA - ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE DE ALCOITÃO. 2007.
- [27] A. Hair, P. Monroe, B. Ahmed, K. J. Ballard e R. Gutierrez-Osuna. “Apraxia World: A Speech Therapy Game for Children with Speech Sound Disorders”. Em: *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children*. IDC '18. Trondheim, Norway: Association for Computing Machinery, 2018, 119–131. ISBN: 9781450351522. DOI: 10.1145/3202185.3202733. URL: <https://doi.org/10.1145/3202185.3202733>.
- [28] J. N. I. T. Hugo Meinedo Diamantino Caseiro. “AUDIMUS.MEDIA: A Broadcast News Speech Recognition System for the European Portuguese Language”. Em: Springer, Berlin, Heidelberg, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1007/3-540-45011-4\\_2](https://doi.org/10.1007/3-540-45011-4_2).
- [29] “Info World”. Em: Última visita a 3/1/2020. 1991. URL: [https://books.google.pt/books?id=KT0EAAAAMBAJ&lpg=PA28&ots=\\_zmjCW8rBT&dq=ibm%5C%20speech%5C%20viewer%5C%20release%5C%20date&hl=pt-PT&pg=PA28#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?id=KT0EAAAAMBAJ&lpg=PA28&ots=_zmjCW8rBT&dq=ibm%5C%20speech%5C%20viewer%5C%20release%5C%20date&hl=pt-PT&pg=PA28#v=onepage&q&f=false).
- [30] *Instituto de Apoio e Desenvolvimento - Sigmatisimo*. URL: <http://www.itad.pt/tratamento-de-psicologia/sigmatismo/>.
- [31] S. Kreimer. “Intensive Speech and Language Therapy Found to Benefit Patients with Chronic Aphasia After Stroke”. Em: (2017).
- [32] T. Lan, S. Aryal, B. Ahmed, K. Ballard e R. Gutierrez-Osuna. “Flappy Voice: An Interactive Game for Childhood Apraxia of Speech Therapy”. Em: *Proceedings of the First ACM SIGCHI Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*. CHI PLAY '14. Toronto, Ontario, Canada: Association for Computing Machinery, 2014, 429–430. ISBN: 9781450330145. DOI: 10.1145/2658537.2661305. URL: <https://doi.org/10.1145/2658537.2661305>.
- [33] H. J. Landau. “Sampling, data transmission, and the Nyquist rate”. Em: *Proceedings of the IEEE* 55.10 (1967), pp. 1701–1706.
- [34] *Likert Scale Examples for Surveys*. URL: <https://www.extension.iastate.edu/Documents/ANR/LikertScaleExamplesforSurveys.pdf>.
- [35] *LittleBeeSpeech*. Última visita a 3/1/2020. URL: <http://littlebeespeech.com/index.php>.

- [36] V. Lopes, J. Magalhães e S. Cavaco. "Sustained Vowel Game: A Computer Therapy Game for Children with Dysphonia". Em: *Proc. Interspeech 2019*. 2019, pp. 26–30. DOI: [10.21437/Interspeech.2019-3017](https://doi.org/10.21437/Interspeech.2019-3017). URL: <http://dx.doi.org/10.21437/Interspeech.2019-3017>.
- [37] V. S. M. Lopes. "A Computer-Based Therapy Game with a Dynamic Difficulty Adjustment Model for Childhood Dysphonia". 2018.
- [38] M. J. F. Maria Mateus Isabel Falé. *Fonética e Fonologia do Português*. Segunda Edição. 2016.
- [39] K. T. Marilyn H. Oermann. *Annual Review of Nursing Education: Strategies for Teaching, Assessment, and Program Planning*. Vol. 3. 2005. URL: [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=o5WWnwjhFUwC&oi=fnd&pg=PA165&dq=Making+learning+fun:+A+taxonomy+of+intrinsic+motivations+for+learning&ots=0gLlck99QH&sig=nBueOrGI1J3R0cl5wv03kM7jt8U&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=o5WWnwjhFUwC&oi=fnd&pg=PA165&dq=Making+learning+fun:+A+taxonomy+of+intrinsic+motivations+for+learning&ots=0gLlck99QH&sig=nBueOrGI1J3R0cl5wv03kM7jt8U&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).
- [40] M. J. Martins. "Estudo acústico da pronúncia de pares mínimos vocálicos do inglês por falantes nativos, professores brasileiros e alunos de nível intermédio e avançado".
- [41] O. A. S. M. N. I. U. D. M. S. Mirela Danubianu Stefan-Gheorghe Pentiuc. "TERAPERS - Intelligent Solution for Personalized Therapy of Speech Disorders". Em: Última visita a 3/1/2020. 2009.
- [42] *Mobile Tablet Operating System Market Share in Portugal - February 2020*. URL: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile-tablet/portugal/#monthly-201903-202003-bar>.
- [43] M. Novo. "Preparar, Apontar, Fala: um jogo sério para crianças com sigmatismo". 2021.
- [44] *Operating System Market Share in Portugal - February 2020*. URL: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/all/portugal/#monthly-202003-202003-bar>.
- [45] *Ortho-Logo-Paedia*. Última visita a 4/1/2020. URL: <http://www.xanthi.ilsp.gr/olp/summary.htm>.
- [46] P.-N. K. H. e. M. N. Pennington L. "Fonoaudiologia para crianças com disartria adquirida antes dos três anos de idade". Em: *Banco de dados Cochrane de revisões sistemáticas* 7 (). Ed. por L. John Wiley Sons. ISSN: 1465-1858. DOI: [10.1002/14651858.CD006937.pub3](https://doi.org/10.1002/14651858.CD006937.pub3). URL: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006937.pub3>.
- [0] *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America - Topographic organization is essential for pitch perception*. Última visita a 12/3/2021. URL: <https://www.pnas.org/content/101/5/1114>.

- [47] *Raven Sound Software Manual de Utilizador*. Última visita a 17/4/2020. URL: [http://ravensoundsoftware.com/wp-content/uploads/2019/02/Raven14UsersManual\\_Appendix-A.pdf](http://ravensoundsoftware.com/wp-content/uploads/2019/02/Raven14UsersManual_Appendix-A.pdf).
- [48] M. A. A. A. I. A. F. O. S. M. N. M. M. E. J. M. M. G. S. Cavaco I. Guimarães. “The BioVisualSpeech Corpus of Words with Sibilants for Speech Therapy Games Development”. Em: *Information* (2020).
- [49] I. S. da Silva Mestre. “Sibilantes e motricidade orofacial em crianças portuguesas dos 5;00 aos 9;11 anos de idade: Estudo preliminar”.
- [50] R. Smith. “The Long History of Gaming in Military Training”. Em: *Simulation & Gaming* 41.1 (2010), pp. 6–19. DOI: 10.1177/1046878109334330. eprint: <https://doi.org/10.1177/1046878109334330>. URL: <https://doi.org/10.1177/1046878109334330>.
- [51] *Speech Care - Sigmatismo*. URL: <http://www.speechcare.pt/post/sigmatismo>.
- [52] *Speech Sound Disorders-Articulation and Phonology*. Última visita a 1/12/2019. URL: <https://www.asha.org/Practice-Portal/Clinical-Topics/Articulation-and-Phonology/>.
- [53] *SpeechViewer II*. Última visita a 3/1/2020. URL: <http://www.speech.cs.cmu.edu/comp.speech/Section1/Aids/speechviewer.html>.
- [54] C. T. Tan, A. Johnston, K. Ballard, S. Ferguson e D. Perera-Schulz. “SPeAK-MAN: Towards Popular Gameplay for Speech Therapy”. Em: *Proceedings of The 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Matters of Life and Death*. IE '13. Melbourne, Australia: Association for Computing Machinery, 2013. ISBN: 9781450322546. DOI: 10.1145/2513002.2513022. URL: <https://doi.org/10.1145/2513002.2513022>.
- [55] *The Voice Foundation - The Process of Voice*. Última visita a 22/11/2019. URL: <http://voicefoundation.org/health-science/voice-disorders/anatomy-physiology-of-voice-production/understanding-voice-production/>.
- [56] B. A. Tremblay Jonathan Bouchard Bruno. “Understanding and Implementing Adaptive Difficulty Adjustment in Video Games”. Em: *Algorithmic and Architectural Gaming Design: Implementation and Development*. 2012, 82–106. ISBN: 9781466616349.
- [57] B. B. L. C. Tremblay Jonathan (LIARA Canada) e C. Bouzouane Abdenour (LIARA). “Interactive Sound Analysis Software Raven Pro 1.4 User’s Manual”. Em: *The Cornell Lab of Ornithology*, 2012. Cap. Appendix A Digital Representation of Sound.
- [58] J. M. V. Lopes e S. Cavaco. “A dynamic difficulty adjustment model for dysphonia therapy games”. Em: 2019, 137–144.
- [59] I. M. B. Vilaça. “O Contributo da Narrativa Digital para o Desenvolvimento da Fala num Caso de Rubinstein-Taybi: Estudo de Caso”. 2015.

## BIBLIOGRAFIA

---

- [60] *What Is Speech? What Is Language?* Última visita a 22/11/2019. URL: [https://www.asha.org/public/speech/development/language\\_speech/](https://www.asha.org/public/speech/development/language_speech/).
- [61] W. A. Yost. *Fundamentals of hearing: an introduction*. Acoustical Society of America, 2001.
- [62] S. K. Zak Rubin. "Speech Adventure: Using Speech Recognition for Cleft Speech Therapy". Em: 2013.

A N E X O



## QUESTIONÁRIO AOS(ÀS) TERAPEUTAS

# Questionário sobre Jogos BioVisualSpeech

1. Especialidade:

---

2. Há quantos anos é terapeuta da fala?

---

3. Utiliza ferramentas computacionais durante as sessões de terapia?

☐ Nunca ☐ Raramente ☐ Às vezes ☐ Muitas vezes ☐ Sempre

4. Se não, porquê?

---

5. Considera vantajosa a utilização do sistema de recompensas para motivar as crianças?

☐ Desnecessário ☐ Indiferente ☐ Ajuda um pouco ☐ Ajuda muito ☐ Essencial

6. E a utilização do mapa se ir desvendando à medida que a criança realiza completa e corretamente jogos para motivar as mesmas?

☐ Desnecessário ☐ Indiferente ☐ Ajuda um pouco ☐ Ajuda muito ☐ Essencial

7. E haver uma diversidade de níveis?

☐ Desnecessário ☐ Indiferente ☐ Ajuda um pouco ☐ Ajuda muito ☐ Essencial

8. E níveis com jogabilidade distinta?

☐ Desnecessário ☐ Indiferente ☐ Ajuda um pouco ☐ Ajuda muito ☐ Essencial

9. E o sistema de dicas?

☐ Desnecessário ☐ Indiferente ☐ Ajuda um pouco ☐ Ajuda muito ☐ Essencial

10. Considera os níveis/modos de jogo adequados para as crianças?

☐ Muito fáceis ☐ Fáceis ☐ Adequados ☐ Difíceis ☐ Muito difíceis

11. E as animações?

☐ Desadequadas ☐ Pouco adequadas ☐ Adequadas ☐ Muito adequadas  
☐ Plenamente adequadas

12. E os sons?

☐ Desadequados ☐ Pouco adequados ☐ Adequados ☐ Muito adequados  
☐ Plenamente adequados

**13. Como classifica a utilização da aplicação pelas crianças?**

☐ Contraintuitiva ☐ Difícil ☐ Adequada ☐ Fácil ☐ Intuitiva

**14. E para os(as) terapeutas?**

☐ Contraintuitiva ☐ Difícil ☐ Indiferente ☐ Fácil ☐ Intuitiva

**15. Costuma utilizar pares mínimos durante a terapia para o proveito da criança?**

☐ Sim ☐ Não

**16. Se sim, considera o nível que utiliza os pares mínimos adequado?**

☐ Muito fáceis ☐ Fáceis ☐ Adequados ☐ Difíceis ☐ Muito difíceis

**17. Considera as informações disponíveis ao(à) terapeuta úteis?**

☐ Irrelevantes ☐ Pouco úteis ☐ Com alguma utilidade  
☐ Muito úteis ☐ Extremamente úteis

**18. Existe mais alguma informação que possa ser extraída da performance da criança que se poderia estar visível para os(as) terapeutas?**

☐ Sim ☐ Não

**19. Se sim qual/quais?**

---

---

---

---

**20. Considera as parametrizações disponíveis aos(às) terapeutas úteis?**

☐ Irrelevantes ☐ Pouco úteis ☐ Com alguma utilidade  
☐ Com muita utilidade ☐ Extremamente úteis

**21. Existe mais alguma parametrização que considera importante que não se encontra presente?**

☐ Sim ☐ Não

**22. Se sim, qual/quais?**

---

---

---

---

**23. Considera importante os jogos também estarem na aplicação dos(as) terapeutas em vez de só na aplicação das crianças?**

☐ Sim ☐ Não

**24. Acha a dificuldade automática uma boa estratégia para adequar o melhor nível à criança tendo em conta o seu desempenho como ela se encontra?**

☐ Sim ☐ Não

25. Se não, como considera que se poderia melhorar a mesma?

---

---

---

---

26. Considera o número de moedas ganho por jogo completo (10 moedas) adequado?

☐ Sim

☐ Não

27. Se não, porquê e quanto consideraria adequado?

---

---

---

---

28. Considera o custo das personagens (200 moedas) e dos objetos para as personalizar (100 moedas) adequado?

☐ Sim

☐ Não

29. Se não, porquê e quanto consideraria adequado?

---

---

---

---

30. Considera útil a aplicação ter vários jogos?

☐ Sim

☐ Não

31. Consideraria/Gostaria de usar esta aplicação nas suas sessões?

☐ Sim

☐ Não

32. Se não, porquê?

---

---

---

---

33. E aconselharia/recomendaria as crianças a utilizarem esta aplicação em casa para treinarem?

☐ Sim

☐ Não

34. Se não porquê?

---

---

---

---

35. Quão apropriado considera o design do jogo dos pares para as crianças?



- ☐ Desapropriado    ☐ Pouco apropriado    ☐ Apropriado  
☐ Muito apropriado    ☐ Completamente apropriado

**36. E da aplicação em geral?**

- ☐ Desapropriado    ☐ Pouco apropriado    ☐ Apropriado  
☐ Muito apropriado    ☐ Completamente apropriado

**37. Quão apelativo considera o design do jogo dos pares para as crianças?**

- ☐ Desapropriado    ☐ Pouco apropriado    ☐ Apropriado  
☐ Muito apropriado    ☐ Completamente apropriado

**38. E da aplicação em geral?**

- ☐ Desapropriado    ☐ Pouco apropriado    ☐ Apropriado  
☐ Muito apropriado    ☐ Completamente apropriado

**39. Comentários/Recomendações opcionais:**

---

---

---

---



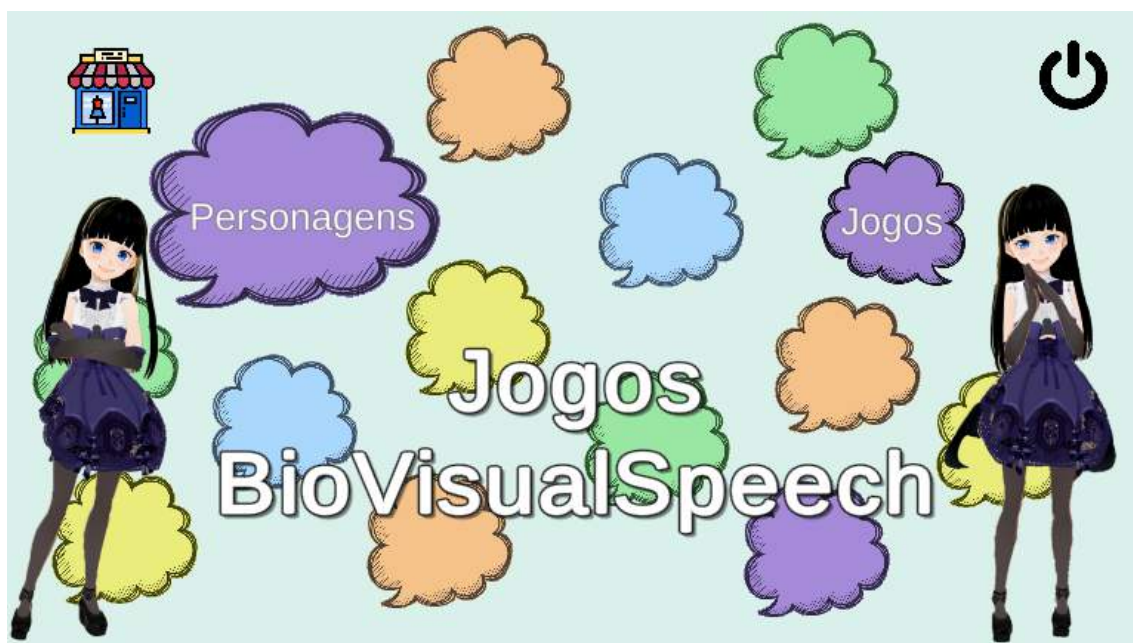


## MANUAL DE UTILIZADOR

# Manual de Utilizador

JOGOS BIOVISUALSPEECH

UMA APLICAÇÃO PARA AUXILIAR A TERAPIA DA FALA



# Descrição do projeto

---

Seja bem-vindo aos Jogos BioVisualSpeech, uma ferramenta desenvolvida para auxiliar as sessões de terapia da fala. O jogo foi desenvolvido no Departamento de Informática, NOVA LINS, Universidade NOVA de Lisboa, no contexto do projeto BioVisualSpeech (CMUP-ERI/TIC/0033/2014) e em colaboração com os restantes parceiros do projeto.

Este sistema é composto por duas aplicações distintas. Uma destinada às crianças e outra direcionada para os(as) terapeutas, sendo que esta última é mais complexa visto incluir a parte do(a) terapeuta e também a aplicação da criança.

A aplicação da criança inclui um jogo baseado no conhecido jogo dos pares, ou jogo da memória, no qual as crianças para além de terem de encontrar o par correto têm de proferir, dependendo do modo de jogo, a sílabe em comum existente no par, ou a palavra correspondente às imagens que as cartas apresentam. Neste jogo, é oferecido feedback visual em tempo real às crianças, de modo a que as mesmas tenham noção da correção com que as palavras e/ou sons sílabas são ditos. Deste modo, este jogo tem um sistema de gamificação, com elementos interativos para estimular um processo terapêutico saudável e estimulante. Contém ainda um sistema de dicas, para auxiliar as crianças que estejam com dificuldades em executar corretamente o que se pretende.

Esta aplicação ainda possui um sistema de recompensas, o qual se baseia numa loja onde as crianças podem comprar diversas personagens e objetos para personalizar as mesmas. Objetos esses que se adequam a personagens específicas. Este sistema tem como objetivo motivar as crianças a jogarem mais vezes.

Tendo em conta a importância da motivação das crianças, é importante que as mesmas se sintam motivadas e, para tal, o jogo não pode ser demasiado fácil ou difícil para elas, visto que isso iria contra aquilo que se pretende, indo desmotivá-las. Assim, visto que cada criança tem as suas facilidades e dificuldades, sendo as de umas diferentes das de outras, o progresso da criança irá depender das suas capacidades, graças a um sistema de dificuldade adaptada ao desempenho da mesma. Este sistema permite que a criança avance ou retroceda de nível, de acordo com o seu desempenho.

A aplicação direcionada para os(as) terapeutas, como já foi referido, para além de conter a referida aplicação das crianças, também contém uma parte específica para os(as) mesmos(as). Nela, os(as) terapeutas poderão não só aceder às informações dos treinos das crianças, como também poderão parametrizar os mesmos da forma que acharem mais conveniente e relevante.

Contactos:

Para qualquer questão ou mais informações, pode entrar em contacto através do site <http://novasearch.org/biovisualspeech/> ou por email, através do endereço [scavaco@fct.unl.pt](mailto:scavaco@fct.unl.pt).

## Condições de Aplicação

---

Este jogo apesar de poder ser utilizado em ambientes com ruído, as análises da correção dos exercícios poderão não ser tão corretos como num ambiente sem ruído. Por essa razão, aconselha-se que se utilize esta aplicação em ambientes com o mínimo ruído possível. Apesar da possível utilização do microfone interno do computador, se houver a possibilidade da utilização de um microfone externo, será preferível, visto não captar tantos ruídos (os ruídos executados pelo próprio computador).



Figura 1 - Microfones Externos

O jogo dos pares poderá recair sobre todos os sons sibilantes do português europeu<sup>1</sup>, dependendo da parametrização realizada pelo terapeuta:

- [s] som sibilante presente em palavras como sapo e cisne.
- [z] som sibilante presente em palavras como zebra e casa.
- [ʃ] som sibilante presente em palavras como chave e xaile.
- [ʒ] som sibilante presente em palavras como ginásio e janela.

---

<sup>1</sup> Como se pode verificar em: <https://www.hlt.inesc-id.pt/~lco/ptsam/ptsam.pdf>

# Instalação

---

Para a instalação do software, é necessário um computador com Windows x64 ou x32, visto serem estes os únicos formatos no qual o sistema está disponível. Para instalar o mesmo só será necessária a execução do ficheiro jogos\_BioVisualSpeech.exe

## Acesso às funcionalidades

---

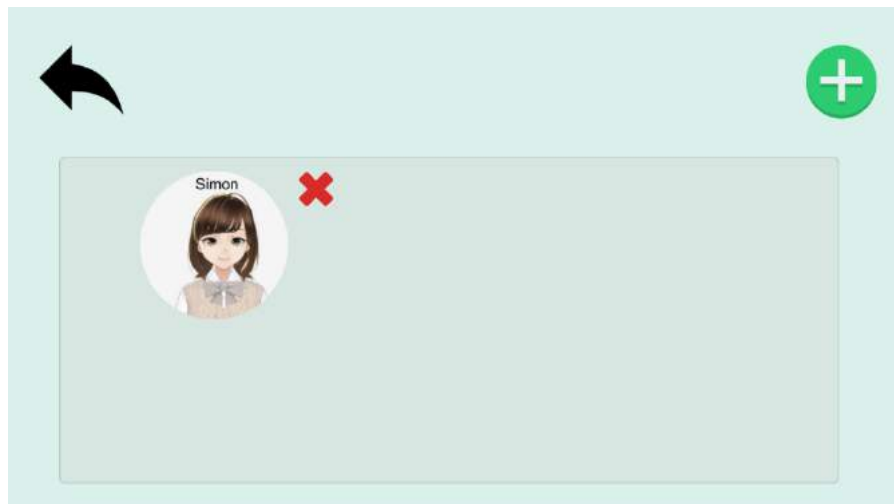
### Aplicação do(a) terapeuta da fala

#### 1. Página de dados do(a) terapeuta/ página principal



- De modo a se conseguir aceder ao resto da aplicação, inicialmente é necessário fornecer-se o email que ficará associado à mesma e inserir-se a palavra-passe específica do email para a aplicação (Obtenção da Palavra-Passe do Email para a Aplicação) e depois seleccionar-se o ficheiro enviado pelo(a) terapeuta com as informações da criança.  
Após a inserção das informações essenciais:
- Seleccionando-se o botão “Crianças”, vai-se para a página da seleção das crianças (2).
- Premindo o botão “Alterar Informações” pode-se alterar o email e a palavra-passe, do mesmo, associados a esta aplicação.
- Pressionando no botão de sair, no canto superior esquerdo, todas as ações executadas durante a utilização da aplicação são guardadas e a aplicação é fechada. É de notar que, ao não se sair da aplicação através deste botão, em algumas circunstâncias perdem-se ações feitas na mesma; por essa razão, deve-se sair sempre da aplicação através do referido botão.

#### 2. Página de seleção da criança



- Ao se carregar na seta para trás, volta-se para a página principal da aplicação do(a) terapeuta (1).
- Ao se carregar na cruz, remove-se a criança e toda a sua informação da aplicação.
- Carregando no botão representado com o sinal de “mais”, situado no canto superior direito, vai-se para a página de adicionar uma criança (3).
- Ao se carregar no ícone da criança com o botão do lado direito irão aparecer as opções disponíveis para o(a) terapeuta em relação a cada criança (4).
- Ao se carregar no ícone da criança com o botão do lado esquerdo do rato a aplicação irá passar para a aplicação da parte da criança selecionada (7).

### 3. Página de adição de uma nova criança

- Selecionando-se a seta de voltar, retorna-se à página da seleção das crianças (2).
- Ao se pressionar o botão “Adicionar”, uma nova criança será adicionada à aplicação e volta-se para a página da seleção das crianças (2).

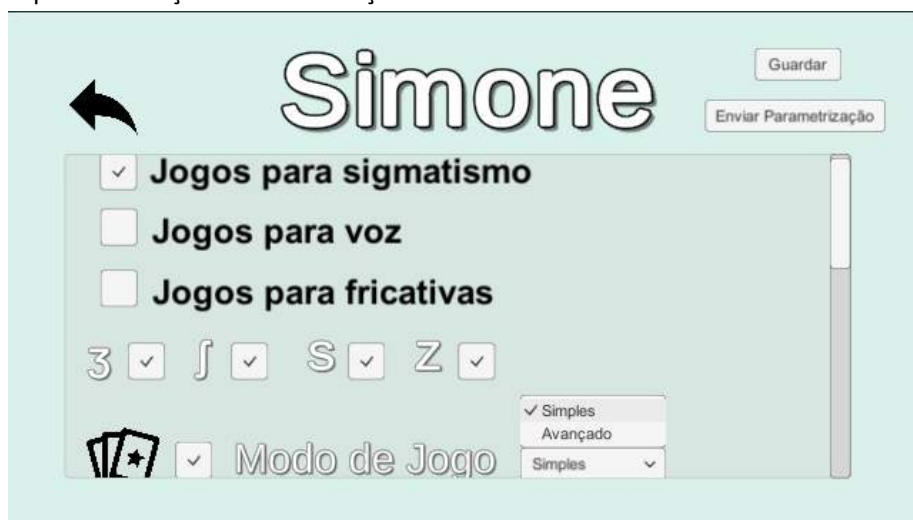
### 4. Opções disponíveis ao/à terapeuta para cada criança





- Ao se selecionar o botão “Informação”, vai-se para a página das informações da criança (6).
- Optando-se pela seleção do botão “Parametrização”, é-se direcionado para a página de parametrização da criança (5).
- Carregando-se no botão “Atualizar”, abre-se uma janela para se selecionar o ficheiro mais recente enviado pela aplicação da criança, de modo a atualizar os dados da mesma na aplicação.

#### 5. Página de parametrização de uma criança



- Selecionando-se a seta de voltar, retorna-se à página da seleção das crianças (2).
- O botão “Enviar Parametrização” enviará a nova parametrização para a criança. Porém, tem sempre de esperar que apareça o aviso de que a aplicação foi enviada para sair da página ou da aplicação.
- Tem de se carregar no botão “Guardar” sempre que se alterar a parametrização e se pretender que a anterior seja substituída pela nova (antes de se carregar na seta ou mesmo antes de se carregar no botão de enviar a parametrização).
- Escolha de parâmetros:
  - Tipo de treino que a criança necessita; treino para problemas referentes ao sigmatismo, voz ou fricativas (sendo que esta escolha irá definir qual será a aplicação da criança que irá aparecer à mesma). Caso o(a) terapeuta escolha os jogos para a voz, depois terá de parametrizar o jogo

na aplicação referida. Porém, o mesmo não se verifica no caso do(a) terapeuta escolher os jogos para sigmatismo.

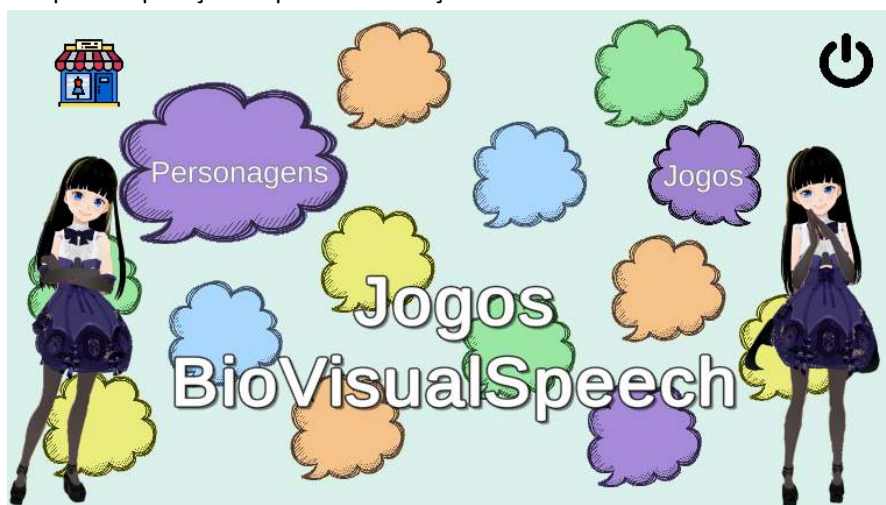
- Poder-se-ão escolher quais os jogos que estarão visíveis para as crianças.
- Para cada jogo existirão parametrizações específicas.

#### 6. Página de informação de uma criança



- O(a) terapeuta terá de selecionar os jogos sobre os quais pretendem ver a informação; após essa seleção, carregam no botão “Ver Informação” e a mesma será mostrada.
- Selecionando-se a seta de voltar, retorna-se à página da seleção das crianças (2).
- Pressionando-se o botão de sair, as alterações serão guardadas e a aplicação será fechada.

#### 7. Menu principal da aplicação da parte da criança



- Ao se selecionar o botão de sair, no canto superior esquerdo, irão guardar-se as ações executadas pela criança e retornar-se-á à página da seleção das crianças (2); o efeito deste botão é sempre o mesmo quando este aparece na parte da aplicação da criança; é o único botão cujo efeito difere da aplicação da criança para a parte da mesma na aplicação do(a) terapeuta.

Botões em comuns na aplicação da parte do(a) terapeuta e o seu efeito:

- Carregando no botão da casa, no canto superior esquerdo, vai-se para a página de seleção das crianças (2).

Todas as sextas-feiras, sempre que houver alterações nas parametrizações das crianças que ainda não tenham sido enviadas para as mesmas, a aplicação enviá-las-á automaticamente. Porém, para tal ocorrer, todas as sextas-feiras o(a) terapeuta terá de entrar e sair corretamente da aplicação.

Tanto no jogo dos pares como no do labirinto, nesta aplicação, há a possibilidade do(a) terapeuta classificar a correção do exercício através do teclado em vez de utilizar a classificação automática do classificador. Para tal, o(a) terapeuta tem de pressionar a tecla espaço se pretender considerar o par selecionado correto, ou a tecla S no caso da sua intenção ser marcar a tentativa da criança, ao proferir o que se pretende, como tentativa falhada.

## Aplicação das crianças

### 1. Página inicial

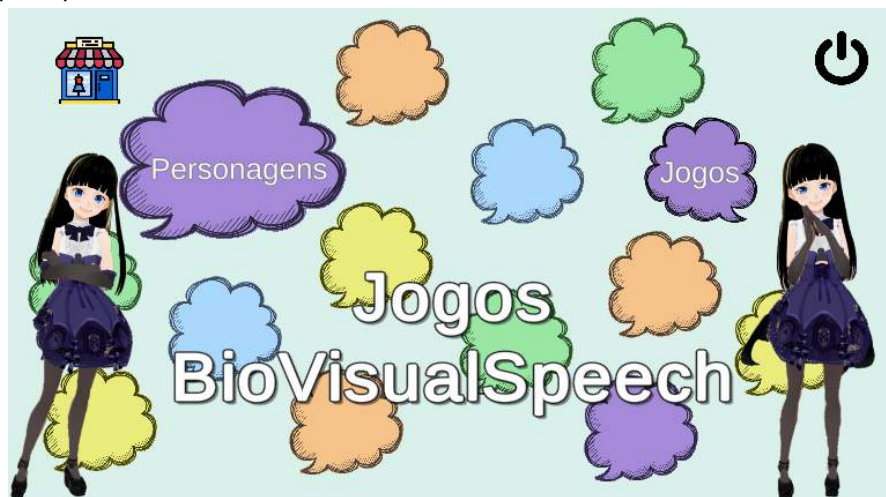


- Para se conseguir aceder à aplicação tem de se inserir a palavra-passe específica do email para a aplicação (Obtenção da Palavra-Passe do Email para a Aplicação) e seleccionar-se o ficheiro enviado pelo(a) terapeuta com as informações da criança.

Após a inserção das primeiras informações na página inicial:

- Ao se pressionar o botão “Entrar” vai-se para a página principal (2).
- Seleccionando o botão “Editar” permite editar a palavra-passe do email associado à aplicação.
- Carregando-se no botão “Atualizar”, abre-se uma janela para se seleccionar o ficheiro mais recente enviado pelo(a) terapeuta de modo a atualizar a aplicação.

### 2. Página principal



- Selecionando-se o botão da loja, canto superior esquerdo, vai-se para a página da loja das personagens (3).
- Ao se carregar no botão “Personagens” é-se direcionado para a página das personagens (5).
- Pressionando-se o botão “Jogos” vai-se para a página dos jogos (7).

### 3. Loja de personagens



- Carregando no botão com o armário, no canto inferior direito, vai-se para a página da loja dos objetos (4).

### 4. Loja de objetos



- Carregando no botão com o ícone da personagem selecionada, no canto inferior direito, vai-se para a página da loja das personagens (3).

### 5. Página das personagens



- Carregando no botão com o ícone da personagem selecionada, no canto inferior direito, vai-se para a página das personagens (5).

#### 6. Página de personalizar



- Carregando no botão com o armário, no canto inferior direito, vai-se para a página da loja dos objetos (6).

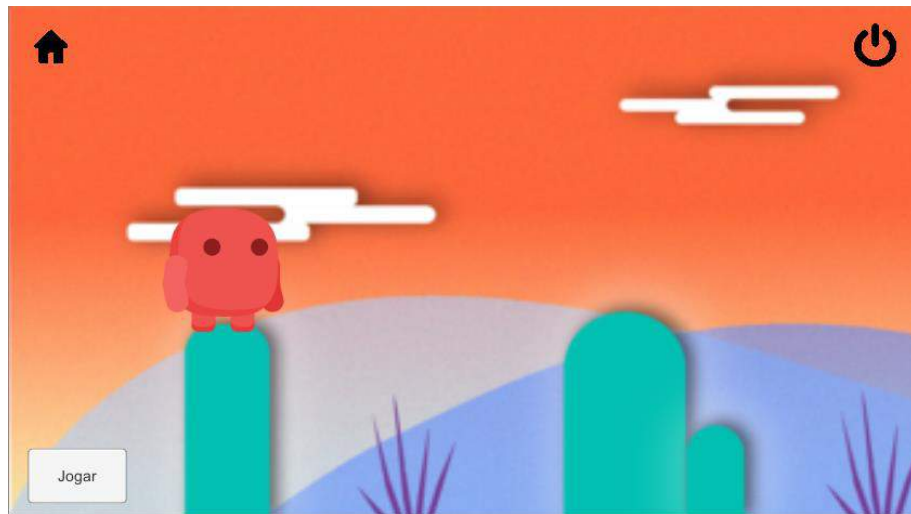
#### 7. Página dos jogos





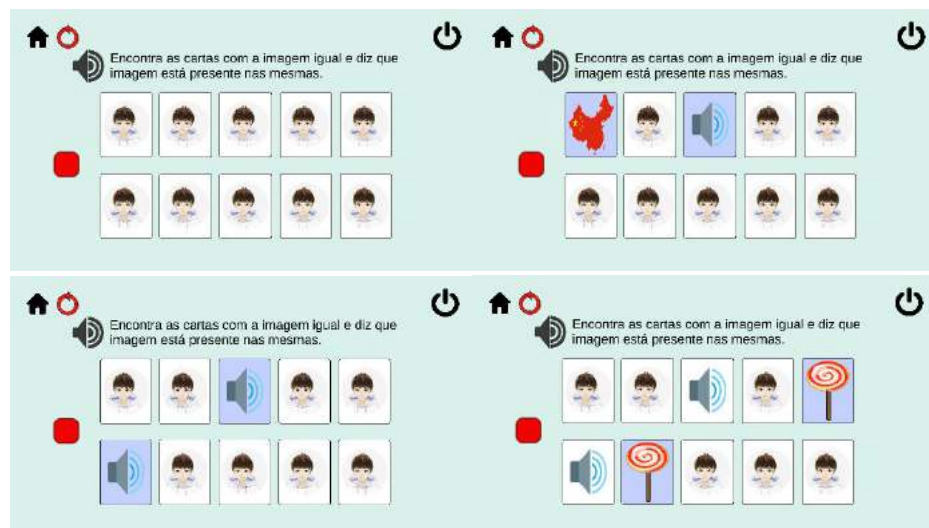
- Pressionando-se o botão com o ícone do jogo dos pares, vai-se para a página do mapa desse jogo (8).
- Carregando no botão do jogo DIGA, abre-se uma nova janela com a aplicação referente ao jogo.
- Se o botão pressionado for o do jogo das sibilantes (balão azul da primeira linha), vai-se para uma página na qual se deve escolher a sibilante que se quer treinar.
- Ao se carregar em qualquer um dos outros botões de jogos, é-se redirecionado para a página dos mesmos.

#### 8. Mapa do jogo dos pares



- Carregando no botão “Jogar” começa-se um novo jogo.

#### 9. Jogo dos pares



- Ao se carregar no botão do som a criança pode ouvir as instruções do jogo.
- Para proferir o necessário, de modo a concretizar o exercício, a criança pode carregar no botão vermelho antes de dizer o que pretende; em alternativa, pode carregar na tecla “G” do teclado antes de proferir o pretendido. Em qualquer um dos casos, nos primeiros dois níveis do modo das crianças mais velhas, a gravação só é iniciada após a criança falar e termina imediatamente após o término da mesma. Nos restantes níveis em que se grava o que a criança diz, a gravação começa mal se carrega no botão e termina após cinco segundos.
- Neste jogo existe um sistema de dicas de modo a auxiliar a criança no caso da mesma apresentar dificuldades. Na terceira dica desse sistema aparecerão, dependendo do modo de jogo da criança, mais um ou dois botões. Sendo eles os seguintes:
  - Botão de desistir do par, situado no lado esquerdo do ecrã, por cima do botão vermelho para gravar.
  - Botão, posicionado no lado direito do ecrã, que permite que as crianças mais novas ouçam a palavra foneticamente, acompanhada de uma imagem exemplificativa do movimento a realizar.
- De modo a completar o jogo, a criança tem de completar os cinco pares presentes no ecrã.

#### 10. Jogo do Labirinto



- De modo a se mover no labirinto, a criança necessita de andar com os botões das setas presentes no teclado.
- A câmara pode ser alterada através da utilização do rato em qualquer direção
- Para proferir o pretendido de modo a ultrapassar o obstáculo, a criança tem de carregar na tecla “G” do teclado antes de proferir o que deseja. Terá depois um período em que se gravará o que a mesma diz, sendo que o mesmo equivale ao tempo que a imagem está a aparecer no ecrã. Após a mesma ficar completa a gravação termina.
- De modo a completar o jogo, a criança não só necessita de chegar ao tesouro como primeiro precisa de ultrapassar todos os obstáculos presentes no labirinto.

Botões em comuns na aplicação da criança e o seu efeito:

- Carregando no botão da casa, no canto superior esquerdo, vai-se para a página principal (2).
- Pressionando no botão de sair, no canto superior direito, o jogo e todas as ações executadas durante a utilização da aplicação são guardadas e a aplicação é fechada. É de notar que, ao não se sair da aplicação através deste botão, em algumas circunstâncias perder-se-ão ações feitas na mesma; por essa razão, deve-se sair sempre da aplicação através do mesmo.

Todas as sextas-feiras, as informações sobre os treinos da criança serão enviados ao(à) terapeuta automaticamente. Porém, para tal ocorrer, todas as sextas-feiras a criança terá de entrar e sair corretamente da aplicação.

## Modos de Jogo – Jogo dos Pares

---

Existem dois modos de jogo distintos, os quais alteram tanto o jogo como os níveis de dificuldade disponíveis para as crianças, sendo eles os seguintes:

- Modo da criança mais nova, o qual consiste em apenas três níveis, nos quais a criança terá de encontrar as duas cartas com a mesma imagem e dizer corretamente o que está presente na mesma.
- Modo da criança mais velha, no qual a criança poderá ter acesso a mais dois níveis, num total de cinco níveis diferentes; neste modo a criança terá de encontrar duas cartas que contenham o mesmo som sibilante e depois terá de proferir que som sibilante é esse.

## Obtenção da Palavra-Passe do Email para a Aplicação

---

No caso da utilização de contas *Gmail*, de forma a se realizar a transmissão dos dados entre as aplicações do terapeuta e da criança, e para não haver problemas de acesso indevido às mesmas, é-se enviado por email um ficheiro .json aos emails associados à aplicação. No entanto,



para tal, é necessário não só o email, como uma palavra-passe e uma autorização no mesmo. Autorização essa que se obtém efetuando os seguintes passos:

1. Tendo a sessão iniciada, vá ao seguinte site: <https://myaccount.google.com/security>
2. Vá para a seção “Segurança”, de seguida a “Acesso a apps menos seguras”.



3. Ative “Permitir aplicações menos seguras”.

### ← Acesso a apps menos seguras

Alguns dispositivos e aplicações utilizam uma tecnologia de início de sessão menos segura, o que torna a sua conta mais vulnerável. Recomendamos que desative o acesso para estas aplicações. Se as pretender utilizar apesar dos riscos, ative o acesso. A Google desativará automaticamente esta definição se não estiver a ser utilizada. [Saiba mais](#)

Permitir aplicações menos seguras: ATIVADO



Se utilizar a verificação em duas etapas no seu email, a palavra-passe normal poderá não funcionar e terá de se utilizar uma palavra-passe específica para a aplicação poder aceder ao email. Deste modo, segue as instruções necessárias de modo a se permitir a utilização do email por parte da aplicação e de forma a gerar a palavra-passe necessária para a aplicação:

1. Criar a palavra-passe para aplicações poderem aceder ao email:  
[https://accounts.google.com/IssuedAuthSubTokens?hide\\_authsub=1](https://accounts.google.com/IssuedAuthSubTokens?hide_authsub=1)
2. Inserir na aplicação a palavra-passe presente no código.



A N E X O

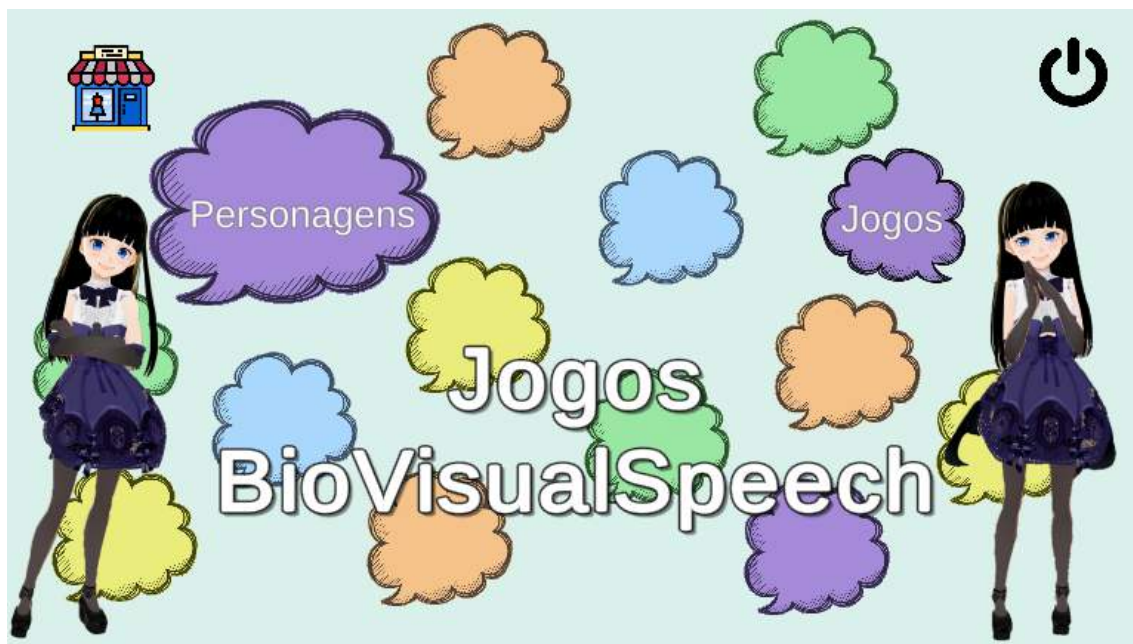


## MANUAL DO PROGRAMADOR

# Manual de Programador

## JOGOS BIOVISUALSPEECH

UMA APLICAÇÃO PARA AUXILIAR A TERAPIA DA FALA



## Adição de Novos Jogos à Aplicação

---

De modo a se adicionar um novo jogo a esta aplicação terão de se seguir os seguintes passos que têm de ser executados tanto no programa da aplicação da criança, como na aplicação do(a) terapeuta.

- Adicionar o nome do mesmo ao *enum* e ao *switch* na classe **Parametrização**.
- Adicionar mais especificidades do jogo (por exemplo: modos de jogo, dificuldade adaptada, etc.) nas classes **Parametrização** e **ParametrizaçãoCriança** (aplicação do(a) terapeuta).
- Adicionar a informação a que os(as) terapeutas têm acesso na cena **Info**; todos os *GameObjects* adicionados para o jogo explícito têm de ter uma *tag* para o mesmo; adicionar o necessário, na classe **Informacao** (só na aplicação do(a) terapeuta).
- Só a realizar na aplicação do terapeuta: Adicionar na cena da parametrização os *GameObject* necessários para o jogo, todos eles dentro de um *GameObject* com o nome do jogo e o *Toggle* para a visualização do mesmo, da seguinte forma: Jogo\_NomeDoJogo; meter todos os *Toggles* utilizados com a *tag Toggle*; meter a imagem do jogo e os objetos do *toggle* de seleção do jogo com a *tag Active*; meter o objeto do jogo com a *tag* do tipo de jogo referente ao mesmo.
- Na classe **JogosVisiveis** tem de se adicionar o nome do novo jogo no *switch*.
- Na classe **Criança** adicionar o nome do novo jogo no *switch*.
- Criar uma classe para o jogo que estenda a classe **Jogos**.
- Na cena **Jogos**, tem de se adicionar o ícone, como botão, do novo jogo num dos botões de fala existentes e o mesmo tem de ter o nome do jogo e a *tag Jogos* para além de ter de estar ativo.
- Na classe **Criança**, a mesma tem de ter um objeto do tipo do novo jogo.
- Para o novo jogo inserido, sempre que seja concluído, terá de se aumentar o número de treinos do mesmo e o número de treinos total da criança, assim como o número de tentativas; se a criança desistir só se aumentará o número de tentativas; o mesmo terá de se aplicar a cada sibilante, caso o jogo seja sobre as mesmas, de modo a se manterem consistentes as informações sobre os treinos da criança, tendo em conta todos os jogos existentes na aplicação.
- É necessária a criação de um método na classe **GestaoBotoes** cujo objetivo consiste na alteração do cenário de **Jogos** para o novo jogo. Porém, antes de se fazer a alteração de cenário é necessário meter-se o nível presente na **InfoJogoPares** a -1, para o caso desse jogo utilizar a classe **Mic** e não queira que a gravação recomece automaticamente ao detetar som.



ANEXO  
IV

QUESTIONÁRIO ÀS CRIANÇAS

# Questionário sobre Jogos BioVisualSpeech - Crianças

1. Idade da criança:

---

2. Para a criança, quão claro e prático foi o jogo dos pares?

- ☐ Não conseguiu realizar o jogo   ☐ Pouco claro e prático   ☐ Claro e prático  
☐ Muito claro e prático   ☐ Intuitivo

3. E o jogo do labirinto?

- ☐ Não conseguiu realizar o jogo   ☐ Pouco claro e prático   ☐ Claro e prático  
☐ Muito claro e prático   ☐ Intuitivo

4. A criança gostou do design da aplicação/dos jogos?

- ☐ Nada   ☐ Pouco   ☐ Indiferente   ☐ Gostou   ☐ Adorou

5. A criança mostrou interesse no sistema de recompensas (personagens e objetos)?

- ☐ Nada   ☐ Pouco   ☐ Indiferente   ☐ Gostou   ☐ Adorou

6. O mesmo resultou em motivação por parte da criança?

- ☐ Nada   ☐ Pouco   ☐ Alguma   ☐ Muita   ☐ Totalmente

7. A criança necessitou de alguma das ajudas presentes nos jogos?

- ☐ Sim   ☐ Não

8. Se sim, as mesmas foram úteis?

- ☐ Desnecessárias   ☐ Pouco úteis   ☐ Úteis   ☐ Muito úteis   ☐ Essenciais

9. A criança realizou diferentes níveis cuja jogabilidade era distinta?

- ☐ Sim   ☐ Não

10. Se sim, quão motivador foi a existência desses níveis?

- ☐ Nada motivador   ☐ Pouco motivador   ☐ Motivador   ☐ Muito motivador  
☐ Essencial

11. A criança gostou de utilizar a aplicação?

- ☐ Sim   ☐ Não